This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

Stanford University Libraries
3 6105 121 180 496

LIBRARY OF THE
Leland Stanford Junior University
NOT TO BE TAKEN OUT OF THE LIBRARY.

HE1031
P43
V.1

The Hopkins Library
presented to the
Leland Stanford Junior University
by Timothy Hopkins.

TRAITÉ ÉLÉMENTAIRE

DES

CHEMINS DE FER

AVIS AU RELIEUR

POUR LE PLACEMENT DES CARTES, TABLEAUX ET PLANCHES.

Carte des chemins anglais,	planche 1.	Page 20
— belges,	— 2.	23
— français,	— 3.	25
— allemands,	— 4.	29
— américains,	— 5.	32
Les grands tableaux anglais-français-belges-allemands.		214
Planche 6.		321
— 7.		358
Planches 8 et 9.		366 et 367

Ch. Lahure, imprimeur du Sénat et de la Cour de Cassation
(ancienne maison Crapelet), rue de Vaugirard, 9

TRAITÉ ÉLÉMENTAIRE

DES

CHEMINS DE FER

PAR

AUG. PERDONNET

ANCIEN ÉLÈVE DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE, PROFESSEUR A L'ÉCOLE CENTRALE
DES ARTS ET MANUFACTURES
MEMBRE DU COMITÉ DE DIRECTION DES CHEMINS DE FER DE L'EST, ETC.

TOME PREMIER

PARIS

LANGLOIS ET LECLERCQ

10, RUE DES MATHURINS-SAINT-JACQUES

Les droits de traduction et de reproduction sont réservés

1855

LELAND STANFORD JUNIOR
LIBRARY
UNIVERSITY.
H2682

PRÉFACE.

Il y a aujourd'hui vingt-cinq ans, nous publiions avec M. Léon Coste un ouvrage intitulé : *Mémoire sur les chemins à ornières de fer*, l'un des premiers qui aient paru en France sur les chemins de fer. Un an plus tard, nous ouvrions à l'École centrale des arts et manufactures le premier cours qui ait été fait en France sur la construction et sur le matériel de ces nouvelles voies de communication; la même année enfin, nous écrivions dans un rapport à l'Association polytechnique les lignes suivantes :

« Parmi les grandes questions industrielles qui occupent aujourd'hui le public, aucune sans contredit n'est plus importante que celle des chemins de fer. Ce n'est pas une question purement industrielle; elle touche en même temps à nos intérêts moraux et à nos intérêts matériels. Elle offre un sujet de méditation de la plus haute importance à l'administrateur et au philosophe, aussi bien qu'à l'ingénieur et au commerçant ou à l'homme de guerre.... Les chemins de fer, par la prodigieuse célérité qu'ils établissent dans les communications, deviennent l'un des moyens les plus puissants de civilisation, comme un des remparts les plus efficaces contre les agressions ennemies....

« Le transport des voyageurs et des marchandises précieuses sera l'objet principal des revenus des chemins

de fer; mais une grande partie des frais généraux, tels que frais d'administration, perception, entretien qui ne varient pas proportionnellement à la circulation, pouvant être supportés par les voyageurs et les marchandises précieuses ou les objets manufacturés, ce qui n'arrive pas généralement avec les canaux, les chemins de fer pourront souvent, en abaissant leur tarif, lutter avec les canaux, *même pour le transport des marchandises lourdes.* »

Nos prédictions se sont réalisées. Le succès a dépassé nos espérances. Les chemins de fer sillonnent déjà, dans tous les sens, la plus grande partie de l'Europe et l'Amérique septentrionale. L'Amérique centrale et méridionale, l'Asie, l'Afrique, l'Australie ont leurs chemins de fer; et bientôt, ceux-ci, traversant des contrées presque inhabitées, iront propager la civilisation jusque dans les régions les plus éloignées.

Les convois de marchandises ne sont pas moins nombreux que ceux de voyageurs, et les chemins de fer ont enfanté le télégraphe électrique, instrument non moins merveilleux peut-être que le chemin de fer lui-même.

Déjà, de 1840 à 1842, nous avons publié avec M. Polonceau un ouvrage sur les chemins de fer intitulé : *Portefeuille de l'ingénieur*, qui ne s'adressait qu'aux hommes pratiques. Celui que nous livrons aujourd'hui à l'impression est moins spécial et pourra être lu, du moins en grande partie, par un public plus nombreux tout en fournissant des indications utiles aux hommes de l'art.

Tracer en peu de mots l'histoire des chemins de fer, esquisser l'art de les construire, tel est le but que nous nous sommes proposé dans cet ouvrage.

Les procédés suivis pour les établir sont si variés, les progrès qu'ils font chaque jour sont si rapides, que nous aurions reculé devant cette tâche difficile, si par notre position nous n'avions pu nous assurer facilement le concours des ingénieurs de toutes nos grandes lignes, et plus particulièrement celui des ingénieurs des chemins de fer de l'Est. C'est donc en quelque sorte leur ouvrage collectif que nous offrons aujourd'hui au public plus que le nôtre. Il serait trop long de les citer, mais nous devons des remercîments spéciaux à M. Gustave Bridel, ancien inspecteur du matériel au chemin de fer de l'Est, et ingénieur en second au palais de l'Industrie. Telle a été sa coopération à ce travail qu'il aurait pu, s'il n'était aussi modeste que capable, revendiquer le droit de placer son nom avec le nôtre en tête de ce livre.

PLAN DE L'OUVRAGE.

Nous adopterons pour la rédaction de cet ouvrage le plan qui suit :

Après avoir établi la supériorité des chemins de fer sur les autres voies de communication artificielles, en avoir esquissé l'histoire dans les différents pays, et donné quelques notions générales sur leur mode de construction ainsi que sur les moteurs qui les desservent, nous suivrons méthodiquement, dans ses opérations, l'ingénieur appelé à construire un chemin de fer.

Ainsi, traitant d'abord du tracé, nous passerons en revue les considérations qui doivent guider dans le choix de la meilleure ligne, et nous indiquerons les règles qui conduisent à la détermination de cette ligne sur le terrain. Nous verrons ensuite comment les préceptes que nous aurons posés ont été appliqués sur les principaux chemins construits en France ou à l'étranger, et nous traiterons dans un chapitre spécial, intitulé *Des frais de construction*, de la rédaction des devis.

Nous jetterons un coup d'œil rapide sur les méthodes les plus usitées dans les travaux de terrassements que nécessite l'établissement des chemins de fer, sur les conditions que doivent remplir les travaux d'art, et sur le

mode de construction de la chaussée. Nous décrirons les différentes espèces de rails, coussinets, changements de voie, plaques tournantes, etc.... qui composent la voie proprement dite, et nous serons ainsi tout naturellement conduits à traiter de la disposition des gares ou stations où sont employés presque exclusivement ces changements de voie et plaques tournantes.

Après la description de la voie et des gares, viendra celle du matériel roulant, voitures et locomotives, ainsi que celle des machines fixes et des plans automoteurs. Nous développerons quelques considérations théoriques sur la résistance opposée par les véhicules à l'action des moteurs, et sur le calcul de la puissance des locomotives. Nous ferons connaître les différents moyens proposés ou employés pour diminuer cette résistance, (système Laignel, système Arnoux), et nous terminerons par une description succincte et critique des nouveaux moyens de locomotion tentés avec plus ou moins de succès jusqu'à ce jour, (système atmosphérique, anglais et français, système Jouffroy, système Andraud, système Pecqueur, système Chameroy, système Seguier, système Erickson, etc.

TRAITÉ ÉLÉMENTAIRE

DES

CHEMINS DE FER.

CHAPITRE PREMIER.

COMPARAISON DES VOIES DE COMMUNICATION.

L'importance des chemins de fer comme voie de communication a rapidement grandi dans ces dernières années.

Jusqu'en 1829, époque de l'ouverture du chemin de Liverpool à Manchester et de l'invention de la locomotive à chaudière tubulaire, on n'en fit guère usage que pour conduire les produits des mines ou des usines aux voies navigables, naturelles ou artificielles, et, même après le succès de cette grande expérience, les partisans des anciens moyens de transport soutinrent-ils quelque temps encore que le succès était exceptionnel et que les chemins de fer ne pouvaient réussir que dans certaines localités privilégiées, très-rares, et seulement pour de courtes distances.

L'activité de la circulation qui se développa sur les chemins de Londres à Birmingham et de Londres à Bristol, livrés au public quelques années après celui de Liverpool, détruisit cette erreur. Force fut bien alors de reconnaître que les chemins de fer étaient appelés à jouer un rôle important dans le monde politique et commercial, en rapprochant les États, les cités et

les hommes, en multipliant les rapports entre les individus, en facilitant les échanges de produits et d'idées, en mêlant les intérêts et faisant disparaître, par un contact fréquent, les préjugés locaux et les haines nationales.

Aussi, aujourd'hui, l'utilité économique et philosophique des chemins de fer n'est-elle plus contestée par personne; tout le monde la reconnaît; mais on diffère encore sur la limite de leur puissance. Suivant quelques auteurs, elle est bornée et ne s'étend guère au delà du transport des personnes, de leurs bagages et de certaines marchandises de peu de volume et d'une grande valeur, et pour tout le reste, les routes ou les canaux leur seraient de beaucoup préférables, comme exigeant moins de dépenses de premier établissement et d'exploitation.

Suivant d'autres écrivains, au contraire, la supériorité des chemins de fer est absolue, aucune concurrence ne peut leur être opposée, ils doivent remplacer tous les autres moyens de communication; aussi convient-il dorénavant de les préférer aux routes et même aux canaux pour desservir les contrées dont la viabilité est incomplète.

Nous croyons devoir, avant d'entamer la description technique des chemins de fer, essayer sinon de résoudre ce problème, du moins de le simplifier en présentant les résultats d'une observation calme et impartiale des faits déjà constatés et des circonstances au milieu desquelles ils se sont produits.

Commençons par quelques mots sur le rôle modeste laissé aux routes ordinaires par l'invention des chemins de fer.

Routes. — *Perpendiculaires aux voies de fer, les routes de terre sont le premier agent de leur prospérité;* ce sont elles qui les alimentent de voyageurs et de marchandises empruntés à tous les centres d'habitations placés dans la zone d'action du chemin, zone qui s'élargit en raison de la longueur de la ligne.

Parallèles aux railways, les routes peuvent lutter avec avantage ou conserver du moins une activité suffisante lorsqu'il s'agit de courtes distances, parce qu'elles pénètrent plus à l'intérieur des villes et permettent de prendre et de livrer les mar-

chandises à domicile sans transbordement ni frais accessoires de factage ; parce que les voitures qui les desservent peuvent recueillir et déposer les voyageurs des points intermédiaires, pour ainsi dire à leur porte, tandis que les chemins de fer n'ont que de rares stations où ils ne s'arrêtent même pas toujours et exigent un long trajet pour arriver à leurs gares, souvent situées à l'extrémité des villes.

Les routes sont en outre toujours préférables aux chemins de fer dans les pays de hautes montagnes, en raison des frais excessifs qu'entraîneraient pour l'exploitation des courbes de petit rayon et des rampes très-inclinées que l'on ne pourrait éviter qu'au moyen de dépenses inadmissibles ; aussi n'est-ce que par exception que l'on a établi des chemins de fer au travers de chaînes élevées, et seulement lorsqu'il s'agissait de réunir les parties déjà construites dans des contrées moins accidentées.

Enfin, il convient également de préférer les routes ordinaires aux chemins de fer, lorsqu'on est appelé à desservir des contrées où la circulation n'a pas atteint ou ne paraît pas devoir atteindre promptement un certain degré d'activité.

Nous aurions voulu pouvoir déterminer exactement quels sont le maximum de tonnage ou de trafic et la plus petite distance pour lesquels la route ordinaire cesse de pouvoir lutter avec les chemins de fer, mais ce sont là des calculs impossibles à faire exactement, les éléments variant avec les localités et les circonstances particulières à chaque chemin.

En général, on trouve qu'il est peu avantageux d'établir un chemin de fer si le mouvement n'est au moins de 60 à 80 000 tonnes de marchandises transportées par an sur toute la ligne, ou l'équivalent en voyageurs.

Une des plus grandes difficultés, dans ces sortes de calculs, est de bien déterminer le prix du roulage. Les entrepreneurs ont, sur un grand nombre de routes voisines des chemins de fer, réduit leurs prix à un taux de beaucoup inférieur à celui sur lequel on avait établi des comparaisons. Cela tient en partie à ce qu'ils ont dû considérer le capital de leur matériel

comme amorti par les bénéfices qu'ils avaient faits antérieurement.

L'éloignement du point de départ ou du point d'arrivée d'un chemin de fer, du domicile ou du lieu de destination du voyageur, a sans doute beaucoup moins d'influence sur la circulation de ce chemin que celui du point de départ ou d'arrivée des magasins de l'expéditeur ou du destinataire de marchandises. Il s'en faut cependant que les chemins de fer absorbent la totalité du mouvement des voyageurs, lorsqu'ils sont courts et que leurs points de départ et d'arrivée sont très-éloignés du centre des villes qu'ils desservent. Ainsi, entre Paris et Versailles, malgré l'existence de deux chemins de fer, les voitures publiques continuent de transporter un grand nombre de voyageurs, dont, à la vérité, une partie provient des localités intermédiaires, et le chemin de Saint-Germain n'est pas parvenu à éteindre entièrement la concurrence.

Canaux. — La puissance de bon marché des canaux pour une circulation active étant beaucoup plus grande que celle des routes, et se rapprochant davantage de celle des chemins de fer, et les voyageurs se trouvant à peu près exclus des canaux, tandis qu'ils procurent aux chemins de fer et aux routes à barrières une très-grande partie de leurs revenus, la question de savoir quel est le mode de transport le plus économique est, pour les canaux comparés aux chemins de fer, moins simple que pour les routes.

Les canaux consomment, pour leur alimentation, surtout dans les pays montueux où les écluses sont nombreuses, une grande quantité d'eau que souvent on ne peut amener dans leur lit qu'à grands frais, et qu'il est quelquefois impossible de se procurer; la multiplicité des écluses autant que la grandeur des bassins et la longueur des rigoles en rendent l'établissement extrêmement dispendieux.

Les canaux deviennent donc impraticables dans certains pays accidentés, où l'on construit au contraire des chemins de fer avec avantage.

Ce fait n'est pas contesté. Si, pour établir des communications entre le bassin houiller de Saint-Étienne et les bassins de la Loire ou du Rhône, on a construit des chemins de fer, ce n'est qu'après avoir reconnu la presque impossibilité d'y établir des canaux.

Le chemin de fer de Darlington à Stockton, celui d'Alais à Beaucaire, celui de Sarrebrück à Nancy et beaucoup d'autres, ont été également construits dans des localités où l'on ne pouvait songer à creuser des canaux.

Tous ces chemins de fer ouvrent des débouchés à de magnifiques bassins houillers qui, sans leur secours, fussent restés à peu près improductifs.

Le développement progressif de la circulation sur la plupart de ces nouvelles voies et le chiffre qu'elle a atteint après quelques années, témoignent assez des immenses services qu'ils rendent à l'industrie.

Ainsi, sur le chemin de Saint-Étienne à Lyon, le tonnage qui n'était,

en 1833,	que	de 322 635	tonnes,

est devenu;

en 1840,	de 577 480	»
en 1847,	de 865 611	»
en 1851,	de 772 627	»

Sur le chemin de Darlington à Stockton, le tonnage a été, en 1826, 1re année d'exploitation, de 101 500 tonnes,

2e	»	de 141 647	»
3e	»	de 130 031	»
4e	»	de 171 840	»
5e	»	de 288 714	»
6e	»	de 450 100	»
7e	»	de 507 452	»
»	»	de 693 000	»
20e	»	de 988 700	»

parcourant la distance entière.

Sur celui d'Alais à Beaucaire, les chiffres du tonnage ont été, la 1re année d'exploitation, de 95 170 tonnes,

2e	»	de 161 780	»
3e	»	de 178 700	»
4e	»	de 235 000	»
5e	»	de 264 890	»
6e	»	de 308 640	»

parcourant partie ou totalité de la ligne.

Quand le sol est moins accidenté, le canal devient possible aussi bien que le chemin de fer, et c'est alors seulement qu'il peut y avoir rivalité entre ces deux voies de communication.

La supériorité des chemins de fer pour le transport des voyageurs et pour celui des marchandises de roulage n'est, avons-nous dit, mise en doute par personne. Il ne s'agit donc que de comparer les frais de transport, sur l'une et sur l'autre voie, de certains articles de commerce et des marchandises lourdes et de peu de valeur qui font l'objet principal du transport sur les canaux.

Supposons d'abord le cas d'un chemin de fer et d'un canal destinés à transporter exclusivement, ou à peu près, une seule nature d'objets, de la houille par exemple, comme le chemin de fer et le canal de la Sarre que l'on a proposé d'établir pour conduire en Alsace les produits des houillères de Sarrebrück.

Le chemin de fer, dans ce cas, sera à une seule voie ; on pourra admettre des courbes de petit rayon et, dans le sens du mouvement, certaines pentes fortes, surtout s'il est possible de faire usage de plans automoteurs. Les frais de construction par kilomètre ne dépasseront pas ceux du canal, si même ils ne sont plus faibles.

Les devis pour le chemin de fer de la Sarre portaient la dépense à 200 000 fr. le kilomètre et à 190 000 pour le canal.

Les frais de transport par le canal peuvent être évalués au minimum à 4 centimes ; ceux du chemin de fer, en admettant que les convois marchent avec charge complète et reviennent à vide, ne dépasseront pas 3 centimes.

L'intérêt du capital est sensiblement le même des deux côtés.

Le transport sera donc plus économique par le chemin de fer que par le canal.

Les conditions offertes par les Compagnies du canal et du chemin de fer de la Sarre, pour l'exécution de l'une ou de l'autre de ces deux voies, prouvent assez que nos calculs sont plutôt trop favorables au canal qu'au chemin de fer.

Ainsi, le péage consenti par l'une et par l'autre Compagnie était de 6 centimes par tonne et par kilomètre [1], mais lorsque la Compagnie du chemin de fer proposait de le construire sans subvention, la Compagnie du canal demandait :

1° La cession *gratuite* des terrains domaniaux traversés par le canal ;

2° Le droit de prendre *gratuitement*, dans le biez de partage du canal de la Marne au Rhin, toutes les eaux nécessaires à son alimentation principale.

3° Enfin que le tarif de la partie prussienne du canal des houillères, aussi bien que le tarif du canal de la Marne au Rhin, fussent invariablement limités à 1 centime.

Le cas que nous venons d'examiner d'un canal ou d'un chemin de fer ne transportant que des marchandises, se présente bien rarement. Il arrive ordinairement que là où le mouvement des marchandises de faible valeur est assez actif pour motiver la construction d'un canal ou d'un chemin de fer, là aussi celui des voyageurs et des marchandises de roulage est considérable.

Les frais de construction du chemin de fer convenant à ce double service, à grande et à petite vitesse, sont sans doute plus élevés que si le chemin ne devait transporter que des marchandises de roulage du genre de celles que transportent les canaux, ou des marchandises à petite vitesse ; mais comme les voyageurs et les marchandises à grande vitesse peu-

1. Un des intéressés de cette entreprise nous a affirmé que le tarif demandé n'était que de 4 centimes ; dans ce cas le chemin de fer eût également réduit son tarif à 4 centimes.

vent supporter une grande partie des frais généraux de l'exploitation et de l'entretien de la voie, les bénéfices que l'on retire de leur transport payent une partie des intérêts du capital. Il s'ensuit que la portion des frais généraux, des frais d'entretien de la voie et des intérêts du capital afférant au service des marchandises, se trouve inférieure à ce qu'elle eût été si l'on eût construit et exploité le chemin pour le transport des marchandises seulement. Il arrive même fréquemment, comme le prouvent assez les comptes d'exploitation des chemins du Nord, d'Orléans, de Rouen, de Strasbourg, de Londres à Birmingham, de Londres à Bristol et de beaucoup d'autres, que le bénéfice provenant du service des voyageurs et des marchandises à grande vitesse suffit pour couvrir entièrement les frais d'entretien de la voie, ainsi que ceux d'administration, et pour payer la totalité des intérêts du capital. Les Compagnies peuvent, dans ce cas, transporter les marchandises de peu de valeur à un prix extrêmement modéré, et pour attirer celles qui leur échapperaient si les tarifs restaient trop élevés, se contenter d'un léger bénéfice sur les frais de traction.

Aussi voyons-nous aujourd'hui toutes les grandes lignes de chemins de fer transporter ce genre de marchandises à des prix égaux, si ce n'est inférieurs, à ceux de la navigation : le plâtre, les pierres, les bois, les grains, la houille même à 3 centimes ou à 3 centimes et demi par kilomètre.

Le nombre des chemins qui jouiront des mêmes avantages que ceux que nous venons de citer se multipliera avec l'accroissement de circulation qui a lieu d'année en année sur presque toutes les grandes lignes.

Voici du reste quelle est, à ce sujet, l'opinion d'hommes que l'on ne peut suspecter de partialité à l'égard des chemins de fer ; c'est celle des membres d'une commission nommée par le Parlement anglais pour donner son avis sur les associations projetées de plusieurs Compagnies de canaux et de chemins de fer.

« Il ne faut pas perdre de vue, dit le rapporteur, au nom de

la commission, que bien qu'il ait été établi que les canaux habilement administrés peuvent soutenir la concurrence des chemins de fer pour le transport des marchandises encombrantes, jusqu'à présent cette concurrence ne s'est produite pour eux que dans des conditions fort désavantageuses, à cause des grands bénéfices que les chemins de fer retirent du transport des voyageurs ; ces bénéfices permettent en effet à ces derniers de faire un sacrifice sur les marchandises pour dépouiller plus sûrement la navigation. »

Si donc la construction d'un chemin de fer est, au point de vue de l'économie, préférable à celle d'un canal, sur une ligne comme celle de la Sarre où la circulation des voyageurs et des marchandises de roulage est insignifiante, comparée à celle des marchandises encombrantes, à plus forte raison l'est-elle quand au mouvement de cette nature de marchandises vient se joindre celui des voyageurs et des marchandises de valeur.

Malgré le grand nombre de canaux qui sillonnent déjà l'Angleterre, on en avait projeté de nouveaux quand l'exploitation des grandes lignes de chemins de fer appela l'attention du public sur ces rivaux de la navigation. On en suspendit l'exécution jusqu'à ce que la pratique eût prononcé sur le mérite des chemins de fer comme moyen de transport des marchandises. Aujourd'hui, sans doute, les enseignements de la pratique, tout incomplets qu'ils sont, paraissent suffisants, puisqu'on a définitivement renoncé aux projets de construction de canaux et que chaque jour on voit éclore de nouveaux projets de chemins de fer.

En vain allègue-t-on que certains canaux en Angleterre donnent encore des dividendes supérieurs à ceux des chemins de fer concurrents. On a répondu avec raison que ces dividendes seraient beaucoup moins élevés si l'amortissement n'eût déjà réduit considérablement le capital de ces canaux, et s'ils n'eussent d'ailleurs été construits à une époque où la main-d'œuvre était moins chère qu'elle ne l'est aujourd'hui.

S'il en était autrement, et s'il y avait lieu d'espérer de

beaux revenus de la construction de nouveaux canaux, les Anglais, auxquels on ne reprochera pas sans doute le défaut de sagacité en industrie, n'auraient pas complétement renoncé aux entreprises nouvelles de canalisation.

De ce que l'ouverture de nouvelles voies de navigation est devenue impossible à la spéculation en Angleterre, il ne faudrait cependant pas en conclure qu'elle l'est également dans les autres pays.

Les canaux déjà existants en Angleterre ne sont pas dans les meilleures conditions possibles pour lutter avec les chemins de fer, et la nécessité de relier les nouveaux canaux au réseau déjà établi forcerait à les construire dans le même système que les anciens.

« Les canaux anglais, dit M. Teisserenc, ne répondent guère à l'idée qu'on peut en concevoir, quand on ne les connaît que par les modèles qu'on croit en trouver dans les canaux construits en France, en Belgique et en Hollande.

« En place des écluses dans lesquelles tiennent à l'aise des bateaux longs de 28 à 30 mètres et chargeant de 100 à 150 tonneaux et au delà, de ces doubles chemins de halage qui ont 4 mètres de largeur, de ces banquettes qui couvrent souvent 7 mètres en travers, de ces ponts offrant sous clef et au-dessus du niveau du sol une hauteur de 5 et demi à 6 mètres, de ces tracés avec beaux alignements droits et aux courbures modérées de 180 à 200 mètres de rayon au moins, qui se rencontrent sur les canaux français nouvellement construits, on ne trouve la plupart du temps, en Angleterre, que des sillons étroits, sinueux, tournant et retournant à angle droit, formant la cuvette du canal, une seule banquette de halage qui n'a pas toujours 2 mètres de large, des ponts qui offrent tout juste un passage au batelet jaugeant de 30 à 40 tonneaux. »

Il est vrai, d'un autre côté, que la navigation des canaux anglais n'est pas entravée par le mauvais état des fleuves qui lui servent d'aboutissants, par la longueur des chômages, des temps d'arrêt résultant des sécheresses prolongées ou des

glaces, puisque, secondées par l'égalité et l'humidité générale du climat, les Compagnies ont pu s'affranchir entièrement de ces entraves au moyen de vastes réservoirs, de pompes à vapeur, etc....

Mais il s'en faut que ces avantages puissent compenser les graves inconvénients qui résultent, pour l'exploitation des canaux, de la petitesse des écluses et de leur peu de largeur.

L'exiguïté de la charge que portent les bateaux et l'augmentation de résistance à laquelle donnent lieu les dimensions du canal exercent sur les frais de halage une influence très-fâcheuse.

En France, les chemins de fer n'ont fonctionné jusqu'à présent que sur une trop petite échelle, et la lutte s'est engagée entre les deux voies rivales sur un trop petit nombre de points, pour que l'on puisse en déduire des conséquences générales. Elle n'a eu lieu sérieusement jusqu'à ce jour que sur trois points : de Rive-de-Gier à Givors, où il existe en même temps un canal et un chemin de fer exploités l'un et l'autre par des Compagnies; de Paris à Valenciennes, où le chemin du Nord est en concurrence avec une ligne composée en partie de canaux et en partie de rivières navigables, et de Strasbourg à Mulhouse[1].

De Rive-de-Gier à Givors, les administrateurs du canal, après avoir essayé pendant quelques années de soutenir la concurrence du chemin de fer, ont fini par avouer leur impuissance dans les termes suivants :

« Il n'y a pas de milieu, ont-ils dit; il faut avoir avec le chemin de fer ou la paix ou une guerre acharnée. Vous avez avec raison préféré le premier parti; car, il faut bien le dire, nous ne sommes pas en position de prendre le second. Que nous conseille-t-on? De rompre tout pacte avec notre associé,

1. Les chemins de Paris à Strasbourg et de Paris à Lyon sont livrés depuis trop peu de temps à la circulation pour qu'on puisse apprécier les effets de la concurrence qui leur est faite par les canaux.

de baisser notre tarif, parce que nos frais sont comparativement très-minimes et que lui ne peut abaisser le sien; d'établir un vaste dépôt à Lyon; de faire construire le nombre de remorqueurs nécessaires pour les besoins du service; d'enlever ainsi tous les transports de Rive-de-Gier au chemin de fer. *Tout cela*, messieurs, *est facile sur le papier, mais dans l'exécution c'est une autre affaire.*

« Au temps où nous vivons, avec le système qu'a créé la marche progressive de l'industrie, on veut beaucoup faire et surtout aller vite; ce système s'accorde mal avec le mouvement lent et paisible d'un canal. »

La défaite du canal de Givors est d'autant plus remarquable que le chemin de fer concurrent, construit à une époque où l'on manquait encore d'expérience, n'a pas été établi dans des conditions très-favorables pour les transports. Les rails, trop légers, n'ont pas permis d'employer les puissantes machines en usage aujourd'hui; l'entrevoie, trop étroite, est devenue un obstacle insurmontable à l'élargissement des machines et des wagons; la pente, enfin, sur une partie du parcours du moins, assez convenable pour la descente des wagons pleins, est beaucoup trop forte pour se prêter avantageusement au retour des convois vides.

La lutte entre les canaux du Nord et le chemin de fer est très-vive et n'a pas jusqu'à ce jour tourné à l'avantage du chemin de fer; mais il faut reconnaître que les canaux, dans cette partie de la France comme en Belgique, se trouvent dans des conditions exceptionnelles pour effectuer les transports à bas prix.

De Strasbourg à Mulhouse, il existe aussi un canal et un chemin de fer; et ici, le canal n'est plus, comme le chemin de fer, dans les mains d'une Compagnie. Il peut se ruiner sans que personne s'en plaigne, puisque le Trésor comble le déficit. Aussi en a-t-on abaissé les tarifs au point de les rendre insuffisants pour couvrir même les frais d'entretien, d'administration et de perception. Le chemin de fer cependant, bien qu'il n'ait

pas la ressource d'un mouvement très-actif de voyageurs pour subvenir à ses frais fixes, est parvenu à enlever au canal, tout en accroissant ses revenus, la moitié des marchandises que transportait ce dernier.

En Belgique, comme en Angleterre, un vaste réseau de voies navigables se trouve en présence d'un réseau non moins complet de chemins de fer; les canaux, bien différents des canaux anglais, sont dans les conditions les plus favorables pour transporter à bon marché, tandis que les chemins de fer sont imparfaits. Mais les canaux étant exploités par le gouvernement aussi bien que les chemins de fer, il ne saurait y avoir concurrence réelle entre les deux voies de communication. Le gouvernement n'a aucun intérêt à ce que le chemin de fer absorbe les transports que le canal peut effectuer.

Ajoutons que les canaux belges ont été construits anciennement à moins de frais qu'ils ne le seraient aujourd'hui.

Les défenseurs des canaux se sont fait une arme de la détermination prise par le gouvernement belge, d'ouvrir un nouveau canal : celui de la Campine. Ce canal étant en même temps un canal d'irrigation et de navigation, on conçoit que l'administration belge ait pu en décider la construction dans une tout autre pensée que celle de faire concurrence au chemin de fer; l'argument était donc mal choisi. Si d'ailleurs le gouvernement belge creuse ce nouveau canal, les Compagnies qui avaient soumissionné les canaux de Mons à la Sambre, et de Louvain à la Sambre, renoncent à leurs projets pour y substituer ceux de chemins de fer.

Aux États-Unis, comme en Belgique et en Angleterre, les canaux sont égaux en nombre et en développement aux chemins de fer; mais, si l'on jette un coup d'œil sur la carte des voies de communication de ce pays, on ne tarde pas à reconnaître que les chemins de fer y ont été rarement construits parallèlement aux canaux.

Une ligne importante de railways a cependant été établie de l'est à l'ouest parallèlement au grand canal Erié. Nous

espérions trouver dans l'étude des produits de ces deux voies de communication perfectionnées de nouveaux éléments pour la comparaison de leur puissance respective, mais quel n'a pas été notre désappointement, en ouvrant l'ouvrage de M. Stucklé sur les voies de communication aux États-Unis, d'y lire qu'un acte législatif *interdit au chemin de fer le transport des marchandises pendant le temps de la navigation.*

S'il est un canal, cependant qui semble pouvoir se passer d'une pareille protection contre la concurrence d'un chemin de fer, c'est le canal Erié qui, lorsqu'il aura été amélioré comme on a projeté de le faire, aura 21 mètres de largeur à sa surface, et $2^{m},10$ de profondeur, les écluses mesurant 33 mètres en longueur et $5^{m},40$ en largeur.

En Pensylvanie, la lutte s'est engagée pour le transport des houilles entre le Reading-Railway et le canal de Schuy-Kill, et, là encore, c'est une victoire de plus des railways sur les canaux que nous avons à enregistrer.

Le canal de Schuy-Kill, dit M. Stucklé, a trouvé un concurrent redoutable dans le Reading-Railway; aussi la Compagnie du canal fait-elle aujourd'hui tous ses efforts pour tenir tête à cette concurrence en augmentant les dimensions de ses travaux, et en introduisant l'usage des remorqueurs à vapeur.

M. Stucklé émet, à la vérité, l'opinion que le canal de Schuy-Kill perfectionné finira par écraser la concurrence du chemin de fer, mais n'en sera-t-il pas de ce canal comme de celui de Givors, et ses administrateurs ne diront-ils pas un jour comme l'auteur du rapport sur le canal de Givors : « Tout cela est bien facile sur le papier; en exécution, c'est une autre affaire? »

En attendant, le chemin de fer transporte les charbons au prix de 4^{c}, 5 par tonne et par kilomètre, et ses frais ne sont que $1^{c},7$ environ.

Dans l'État de New-Jersey, nous trouvons aussi un canal parallèle à un railway, le Delaware, sur une partie de son par-

cours; et le Raritan, canal parallèle au Camden-Amboy-Railway. Le canal est placé dans des conditions exceptionnellement favorables pour le transport de la marchandise, car il a 23^{m},50 de largeur à la ligne d'eau et porte les bateaux de rivière. Les actionnaires ont jugé prudent, cependant, de s'associer avec ceux du chemin de fer.

La pratique et le raisonnement s'accordent donc pour prouver que si les spéculateurs ne sauraient sans folie entreprendre l'établissement de nouveaux canaux, ce serait de la part du gouvernement faire un mauvais emploi de la fortune publique que d'en décider la création.

Est-ce à dire qu'il faille combler les canaux déjà établis, et qui sont parallèles à des chemins de fer? Nullement. Un grand nombre vivent et vivront du produit des transports que continueront de leur confier les grands établissements industriels qui, groupés sur leurs rives, se sont, comme le dit avec justesse M. Teisserenc, associés pour ainsi dire à leur fortune. Ils pourront même voir leur prospérité s'accroître; c'est ce que prouve assez un beau travail de M. Minard publié en 1850.

Quant à ceux moins nombreux qui n'ont pas cette ressource, ils pourront soutenir la concurrence des chemins de fer tant que leurs frais spéciaux ne s'élèveront pas au-dessus des frais correspondants pour les chemins de fer. Car, aujourd'hui que le capital est engagé, l'intérêt de ce capital peut être réduit à sa plus minime fraction avant que les propriétaires soient forcés de renoncer à l'exploitation de ces voies de transport.

Si en France, sur les canaux de l'État, celui de la Marne au Rhin, par exemple, les transports doivent continuer à s'effectuer comme on nous l'annonce à raison de 2 centimes par tonne et par kilomètre, c'est que non-seulement l'administration sacrifierait, dans l'intérêt du pays, la totalité du capital qu'elle a puisé dans les coffres de tous, mais encore qu'elle se résignerait, dans ce même intérêt, à subir la perte annuelle des frais d'administration, perception et entretien des canaux. A

ces conditions, les canaux lutteront sans aucun doute avec avantage contre les chemins de fer. Mais reste à savoir si le gouvernement, éclairé par l'expérience, voudra continuer à faire un pareil emploi des deniers de l'État, lorsqu'il pourrait en payant aux Compagnies de chemins de fer, à titre de subvention, une partie seulement de cette somme obtenir les mêmes avantages pour le commerce.

La navigation des rivières n'étant plus, comme celle des canaux, grevée de l'intérêt d'un capital de construction, est, dans certains cas, plus économique et peut opposer une concurrence redoutable aux chemins de fer. Aussi, voyons-nous la Seine, malgré ses nombreuses sinuosités, lutter avec avantage, pour le transport des marchandises, avec les chemins de Rouen et du Havre. Peut-être aussi la Saône pourra-t-elle, entre Châlon et Lyon, partager le tonnage avec le chemin de fer parallèle, mais on ne saurait en conclure que les rivières sont en général capables de rivaliser avec les chemins de fer. L'avantage, au contraire, appartiendra le plus souvent à ceux-ci.

On a beaucoup agité la question de savoir si les chemins de fer pouvaient être d'une grande utilité en cas de guerre, comme voies stratégiques.

Napoléon a dit que l'art de faire la guerre consistait en grande partie à savoir réunir, à un moment donné, le plus grand nombre de troupes possible sur un même point. Il ne paraît pas douteux que les chemins de fer ne soient appelés à faciliter la solution du problème, et déjà l'expérience a prouvé leur utilité pour le transport des armées. L'Autriche, lors de la dernière guerre de Hongrie, les a employés avec avantage.

M. le comte Daru a objecté à l'usage des chemins de fer, comme voies stratégiques, que les armées étaient composées non-seulement d'infanterie, mais encore de cavalerie et d'artillerie, et que les chemins de fer se prêteraient difficilement au transport rapide de la cavalerie.

« Le matériel d'un chemin de fer, a-t-il dit, sera généralement insuffisant pour le transport d'un nombre considérable de che-

vaux. L'embarquement de ces chevaux sera long et difficile. »
M. Daru a oublié que le transport des chevaux peut se faire non-seulement dans les wagons consacrés spécialement à cet usage, mais encore dans la plupart des wagons à marchandises. Nous devons aussi lui faire remarquer que, nos grandes voies stratégiques étant réunies à Paris par le chemin de ceinture, on pourra, à un moment donné, concentrer sur l'une d'elles tout le matériel des autres. Quant à ce qui est des difficultés que présente l'embarquement des chevaux, il a été prouvé, par des expériences spéciales, qu'elles étaient beaucoup moins grandes qu'on l'avait supposé.

On a prétendu que les chemins de fer seraient bientôt détruits ou coupés par l'ennemi. Ils le seraient sans doute, dans les parties du territoire que l'ennemi occuperait, mais de grandes portions de chemin hors de sa portée serviraient toujours, dans ce cas, à transporter les troupes qu'on lui opposerait.

En ce moment même, la guerre d'Orient nous offre un exemple bien frappant de l'utilité dont peuvent être, en certaines circonstances, les chemins de fer pour la protection d'un pays. Un chemin de fer existe entre Saint-Pétersbourg et Moscou, mais de Moscou, les communications avec le midi de la Russie n'ont lieu que par terre ou par eau. Les transports de troupes par les routes ordinaires, en hiver surtout, sont excessivement difficiles. Avec un chemin de fer, qui se fût trouvé complétement à l'abri des attaques des armées ennemies, le czar aurait pu jeter, presque instantanément, en Crimée, une armée de plusieurs centaines de mille hommes qui auraient opposé un obstacle insurmontable à la prise de Sébastopol et à l'envahissement du territoire, et rien n'eût été plus facile que l'approvisionnement de cette armée. Félicitons-nous de ce que la Russie n'a pas à sa disposition cette arme redoutable, et disons que *les chemins de fer sont un puissant moyen de défense pour le pays qui les possède.*

CHAPITRE II.

HISTORIQUE DES CHEMINS DE FER.

Chemins en Angleterre.—Tout le monde sait que l'Angleterre est le berceau des chemins de fer. Ainsi, les premiers chemins de fer à petite vitesse ont été établis dans le Northumberland, dans le pays de Galles et dans le Stafforshire pour le service des mines et des usines; et c'est aussi en Angleterre, entre Liverpool et Manchester, qu'on a construit la première ligne pour le transport des voyageurs à grande vitesse. L'exploitation de ce chemin suffit pour mettre en évidence, au bout de très-peu d'années, tous les avantages d'une locomotion rapide.

En Angleterre, où le public saisit avec une si grande promptitude toute la portée des inventions industrielles, on ne tarda pas à entrevoir l'avenir de ces nouvelles voies appelées à quadrupler la vitesse habituelle des communications. En 1832, deux ans seulement après l'ouverture du chemin de Liverpool à Manchester, on posa la première pierre du chemin de Londres à Birmingham, et déjà, en 1834, M. Peel, chef du ministère anglais, terminait un discours au meeting de Tamvorth par ces paroles remarquables : « Hâtons-nous, messieurs, hâtons-nous; il est indispensable d'établir d'un bout à l'autre de ce royaume des communications à la vapeur, si la Grande-Bretagne veut maintenir dans le monde son rang et sa supériorité. »

Au même moment un membre du ministère, M. Thiers, déclarait à la tribune qu'il se tiendrait pour son compte fort heureux si l'on exécutait en France 20 kilomètres de chemin de fer par an; et, quelques années plus tard, le même membre, revenu d'Angleterre après avoir visité le chemin de Liverpool

LIBRAIRIE DE LANGLOIS ET LECLERCQ,

10, rue des Mathurins Saint-Jacques.

Un accident arrivé, sous presse, aux Cartes qui font partie de ce 1er volume, nous met dans la nécessité de les faire regraver. Nous les donnerons avec le second volume et nous indiquerons les pages en regard desquelles elles doivent être placées.

Imprimerie de Ch. Lahure, rue de Vaugirard, 9.

à Manchester, soutenait à la tribune que les chemins de fer n'étaient bons qu'à servir de jouets aux curieux d'une capitale, ou de moyens de transport pour les voyageurs de commerce dans quelques cas exceptionnels seulement. « Il n'y a pas aujourd'hui, disait-il, huit ou dix lieues de chemin de fer en construction en France, et pour mon compte, si on venait m'assurer qu'on en fera cinq par année, je me tiendrais pour fort heureux.... Il faut voir la réalité; c'est que, même en supposant beaucoup de succès aux chemins de fer, le développement ne sera pas ce que l'on avait supposé. »

Nous sommes loin du temps où l'Angleterre envoyait une commission étudier en France la construction des ponts et appelait un ingénieur français pour construire celui de Westminster[1].

Bientôt, après le chemin de Liverpool à Manchester, on entreprit celui de Londres à Bristol, et l'Angleterre fut en peu d'années sillonnée de chemins de fer, comme on le voit à l'inspection de la carte ci-jointe. On distingue, au milieu de ces lignes qui se croisent dans tous les sens, la grande artère qui s'étend du sud au nord entre Brighton et Edimbourg, en passant par Londres, Birmingham, York et Newcastle. Sur cette ligne-mère s'embranche, à l'ouest, l'important chemin de Birmingham à Liverpool, auquel viennent se souder les chemins de Londres à Manchester et de Liverpool à Lancastre. Plusieurs lignes transversales relient la mer du Nord à l'Océan. L'une, dans le nord de l'Angleterre, de Sunderland à Carlisle, passant par Newcastle; l'autre, traversant les riches contrées du centre, de Hull à Manchester et Liverpool par Leeds; une troisième enfin, non moins importante, établie entre Douvres et Bristol et passant par Londres et Bath. Un chemin spécial, celui dit: *North-Eastern-Railway*, dessert les contrées de l'est. Des groupes spéciaux, de petite longueur, transportent aux grandes lignes ou aux voies navigables les produits des mines du Northumberland, du Stafforshire, du pays de Galles et des Cornouailles.

1. De Lobel, Chemins de fer.

En Écosse, où la configuration du sol se prête difficilement à l'établissement des chemins de fer, nous ne remarquons qu'une seule ligne importante : celle d'Édimbourg à Glascow et quelques petits chemins de fer employés pour le service des mines.

L'Irlande, où les mêmes difficultés d'exécution ne se rencontrent pas, n'est cependant pas beaucoup plus riche en chemins de fer.

Le moment est venu où le gouvernement anglais ne peut, sans manquer à ses devoirs, tarder davantage à provoquer la construction du réseau irlandais par des subventions accordées aux compagnies ou en l'établissant de ses propres deniers. Un des moyens les plus efficaces d'arracher la malheureuse Irlande à la misère qui l'accable est, sans aucun doute, d'améliorer ses voies de communication, dont l'imperfection contraste avec la perfection de celles de l'Angleterre.

Aucune pensée d'ensemble n'a présidé en Angleterre à la détermination du tracé des chemins de fer, mais l'industrie y est si florissante sur presque tous les points du royaume, et le goût de la spéculation y est si développé que bientôt il ne s'y trouvera pas une localité de quelque importance qui n'ait son chemin de fer. Nous verrons au chapitre *Des frais de construction* qu'en 1854 la longueur des chemins exploités dans ce pays était de 12 362 kilomètres, ce qui représente, en n'ayant égard qu'à la valeur d'émission, l'énorme capital de 6 milliards 833 mille francs, et que ce capital, si l'on construit tous les chemins projetés et autorisés, atteindra bientôt 9 milliards.

A Georges Stephenson, l'ouvrier mineur, appartient l'honneur d'avoir construit le premier chemin à grande vitesse, non-seulement de l'Angleterre, mais du monde entier, celui de Liverpool à Manchester; à Robert Stephenson celui d'avoir continué l'œuvre de son père, établi une partie des lignes les plus importantes de l'Angleterre et présidé à l'étude d'un grand nombre de lignes dans les cinq parties du monde. D'autres ingénieurs et des capitalistes intelligents doivent aussi être cités comme les pères de l'industrie des chemins de fer en Angle-

terre. Parmi les ingénieurs nous nommerons Brunel, Wood, Locke, Walker, etc.

Les grandes lignes, celle de Londres à Bristol surtout, ont été construites avec luxe; leur tracé et la construction de la voie ainsi que celle de leur matériel ont été calculés de manière à permettre d'effectuer les transports aux plus grandes vitesses connues aujourd'hui. Elles ont été toutes établies par l'industrie particulière. Plus loin nous consacrerons un chapitre à la description de ceux de ces chemins de fer qui nous paraissent les plus dignes de fixer l'attention.

Chemins en Belgique. — Les Belges ont suivi de très-près les Anglais dans l'établissement des chemins de fer. La loi qui décréta la création du grand réseau terminé aujourd'hui fut promulguée en 1834.

Écoutons M. Michel Chevalier mesurant la portée de cette grande œuvre.

« Aussitôt installé, dit-il, le gouvernement de ce pays sentit que pour s'assurer l'avenir il devait marquer de son sceau le territoire belge par de grandes entreprises en harmonie avec l'esprit du siècle. En même temps qu'il rattachait à lui toutes les anciennes influences, qu'il ralliait à sa cause les antiques éléments d'ordre et qu'il consolidait la paix intérieure, condition première du bien-être de l'immense majorité, il se lança résolûment, mais avec sagesse et sang-froid, dans les innovations que recommandait une politique non moins conservatrice que progressive. Les chemins de fer étaient déjà en honneur, il crut que par eux il pouvait conquérir une solide popularité et qu'il parviendrait à créer à la Belgique un irrécusable titre d'admission parmi les États européens. »

« Toutes ces espérances du gouvernement belge se sont réalisées et au delà. Grâce à cette demonstration de puissance (nous insistons sur le mot, car la force qui enfante des œuvres fécondes est de la puissance tout aussi bien que celle qui couvre de cadavres les champs de bataille), grâce à cet acte décisif, la Belgique, complétement affermie au dedans a gagné au dehors

l'admiration, sinon l'amitié de ses plus hautains ennemis; grâce à ses ministres, en 1834, elle a devancé dans l'œuvre des chemins de fer les grandes monarchies européennes. Elle doit à cette œuvre sa prospérité, elle lui est redevable de sa nationalité elle-même. »

Le mérite de cette grande œuvre appartient surtout à M. Nothomb, ministre des travaux publics de Belgique en 1834, à MM. Simons et de Ridder, ses dignes auxiliaires, et à M. Masui, directeur général de l'exploitation. Leurs noms sont à jamais attachés à cette belle création.

Deux lignes principales sur lesquelles s'embranchent un grand nombre de tronçons secondaires traversent la Belgique de l'est à l'ouest et du nord au sud. La ligne transversale d'Ostende à Verviers prolongée jusqu'à Cologne assure le commerce de la Belgique avec l'Angleterre et l'Allemagne. Celle qui s'étend du nord au sud, d'Anvers à Mons, et qui se prolonge jusqu'à Paris, relie la Belgique à la France et à la Hollande.

Les chemins belges et leur matériel ont été conçus dans un tout autre esprit que les chemins anglais. Ils n'admettent pas la même vitesse. Aujourd'hui, certainement, ils suffisent aux besoins du commerce en Belgique; mais il est à craindre pour ce pays que, dans quelques années, ils soient incapables de soutenir la concurrence des chemins français construits sur le modèle des chemins anglais. Malgré la différence du trajet, une partie du mouvement qui s'opère actuellement sur les chemins belges, de l'Angleterre et de la France vers une partie de l'Allemagne, se portera alors sur le chemin de Paris à Strasbourg, surtout si l'on établit le chemin de Calais à Reims.

La presque totalité des chemins belges a été construite par l'État. Le gouvernement belge a cependant concédé à l'industrie particulière 79 kilomètres de nouvelles lignes ou d'embranchements, parmi lesquels on distingue le chemin des Flandres occidentales, celui de Namur à Liége et le chemin direct d'Anvers à Gand.

Chemins en France.—On se servait depuis bien des années

des chemins de fer aux abords ou dans l'intérieur des mines d'Angleterre, qu'à peine les connaissions-nous en France.

De 1820 à 1830, l'industrie des chemins de fer fit un grand pas en Angleterre; on établit dans le nord plusieurs lignes d'une longueur considérable dans le but d'ouvrir des débouchés au commerce des charbons. Et pourtant ce n'est pas sans de sérieuses difficultés qu'en 1826, M. Beaunier obtenait l'autorisation de construire, pour le transport des charbons de terre, le chemin de Saint-Étienne à Andrezieux, MM. Séguin un peu plus tard celle de poser le chemin de Saint-Étienne à Lyon, et MM. Mellet et Henry la permission de relier Saint-Étienne à Roanne par une voie ferrée. Mais si alors la France marcha un moment sur les traces de l'Angleterre, elle s'arrêta bientôt dans cet élan, et, plus occupée de ses dissensions politiques que du soin de conserver sa position industrielle, elle hésita longtemps avant de procéder franchement et hardiment à la création de ces grandes lignes dont l'immense utilité pour l'avenir du pays est maintenant passée à l'état d'axiome.

Ce fut en 1842 seulement que le gouvernement fit adopter par les chambres une loi qui, malgré ses imperfections, est devenue pour la France l'origine d'une nouvelle ère sociale. Les chambres, la France entière, comprirent enfin la nécessité de procéder, sans plus attendre, à l'établissement des grandes voies métalliques. Le projet de toutes les grandes lignes ayant été, pour ainsi dire, enfanté en un seul jour, on en a retiré du moins cet avantage qu'elles ont été tracées dans des idées d'ensemble qui n'ont pas présidé à la conception des chemins de fer anglais et allemands.

Les forces isolées de l'État ou de l'industrie eussent été insuffisantes pour une œuvre aussi grande. Aussi ont-elles été appelées à concourir à son exécution. Ralenties en 1847 dans leur marche par une crise financière, et en 1848 par la révolution de février, les Compagnies de chemins de fer n'en sont pas moins parvenues à accomplir leur tâche.

Les hommes qui ont combattu avec énergie la déplorable

opposition faite pendant dix ans par l'administration supérieure à l'établissement des chemins de fer en France, méritent d'être nommés. Comme ingénieurs civils il faut placer en première ligne les frères Séguin, constructeurs de notre premier chemin d'une certaine importance, et plus particulièrement Marc Séguin, inventeur de la chaudière tubulaire; Mellet et Henry, auteurs d'un grand nombre de projets que d'autres plus heureux ont exécutés; Stéphane Mony, l'un des ingénieurs du chemin de Saint-Germain et son frère Eugène Flachat; le major Poussin, ingénieur du chemin de Montpellier à Cette, et Claude Arnoux, l'ingénieux inventeur et l'infatigable défenseur d'un nouveau système de véhicules qui a obtenu l'approbation d'un grand nombre d'hommes éclairés. Parmi les ingénieurs des ponts et chaussées, Brisson dont le concours a été si utile à MM. Séguin; Paulin-Talabot et Didion, créateurs des premiers chemins de fer dans le midi de la France; parmi les ingénieurs des mines, Beaunier, Lamé et Clapeyron, collaborateurs de Stéphane Mony et d'Eugène Flachat; Léon Coste qui n'a pas assez vécu pour voir l'accomplissement de la grande œuvre dont il avait si bien démontré l'utilité, et Bineau, ancien ministre des finances, qui fut l'ingénieur de la première Compagnie de Rouen et qui a publié un ouvrage remarquable sur les chemins d'Angleterre. Parmi les industriels ou capitalistes, Émile Pereire, le directeur du chemin de Saint-Germain, qui a fourni depuis lors une si brillante carrière; James de Rothschild, le puissant banquier; François Bartholony, le président de la Compagnie d'Orléans; Laffitte, Blount, de Lespée et Benoist d'Azy, fondateurs de la Compagnie du chemin de Rouen. Parmi les publicistes enfin Michel Chevalier qui a écrit tant de pages éloquentes sur les chemins de fer et qui en a si bien deviné l'avenir; Jacob Blum qui, tout en construisant le chemin d'Épinac, indiquait déjà la direction des grandes lignes qui depuis ont été construites et annonçait leur succès; G. de Pambourg, auteur d'un traité et d'expériences nombreuses sur les locomotives; Minard, le comte Daru, Teisserenc, Jules Burat,

feu l'ingénieur Cordier, ancien député du Jura, et Adolphe Blaise, l'habile rédacteur du *Journal des Chemins de fer*.

Si l'on jette un coup d'œil sur la carte des chemins exploités ou en construction, on est tout d'abord frappé de la haute importance des deux grandes voies ferrées qui partagent la France en deux parties : la première, dans sa longueur, du Havre à Marseille, en passant par Rouen, Paris et Lyon ; la seconde, dans sa largeur, de Brest à Strasbourg, par Rennes, Paris et Nancy, aussi utiles l'une et l'autre au point de vue de la civilisation et de la stratégie que sous le rapport commercial.

A Paris viennent aussi converger le chemin du Nord qui, en se soudant à la grande voie méridienne du Havre à Marseille, forme le lien entre la mer du Nord et la Méditerranée ; le chemin de Paris à Nantes par Orléans qui, en se reliant au chemin de Brest à Strasbourg, occupe une première place parmi nos voies de communication de l'est avec l'ouest ; enfin celui de Paris à Bayonne également par Orléans.

Nous aurons encore, d'ici à peu d'années, le chemin de Paris à Toulouse qui partagera, avec celui de Paris à Marseille, le trafic du nord avec le midi, le chemin transversal de Bordeaux à Marseille par Toulouse et Nîmes et les chemins de Bordeaux à Genève par Lyon, de Paris à Mulhouse, de Dijon à Mulhouse et de Blesme à Gray.

Ainsi, dans ce système, tous nos ports de mer du premier ordre, toutes nos grandes villes, Dunkerque, Boulogne, le Havre, Brest, Nantes, Bordeaux, Cette, Marseille, Lyon, Rouen, Orléans, Strasbourg, seront desservis par des chemins de fer aboutissant à la capitale. Nos contrées les plus fertiles seront réunies aux marchés qu'elles approvisionnent, nos manufactures aux lieux de consommation de leurs produits. Nos relations internationales aussi seront garanties; il n'est pas un pays voisin dont nos locomotives n'iront toucher la frontière.

On remarquera enfin que l'exploitation de nos bassins houillers les plus riches, ceux de Saint-Étienne, Alais, Anzin,

Épinac, est déjà assurée par la construction de voies de fer qui bientôt se réuniront aux grandes lignes.

En 1834, il n'existait en France que 266 kilomètres de chemins de fer et encore ces chemins étaient-ils plutôt consacrés au service des marchandises qu'à celui des voyageurs. En 1840, ce nombre s'était élevé à 440 kilomètres. Aujourd'hui, en 1854, la longueur développée des chemins de fer construits dépasse 4000 kilomètres et une égale longueur est en construction. Les chemins de fer construits représentent, d'après un relevé financier fait par l'administration, un capital de plus de deux milliards, et ceux en construction d'environ un milliard. Ce capital calculé sur le taux d'émission des actions s'est déjà considérablement accru et chaque jour sa valeur tend à augmenter. Quelle source de richesse pour le pays! En Angleterre les chemins de fer ont aidé à développer un mouvement commercial déjà très-actif. En France ils ont, dans plusieurs directions, créé ce mouvement à peine existant. D'après les calculs des statisticiens les plus habiles les produits annuels du chemin de Strasbourg ne devaient pas dépasser 16 millions. Ces produits, dès la première année d'exploitation (1853), ont été de 24 millions; la seconde année ils ont dépassé 30 millions, et la troisième ils seront très-probablement de 35 à 36 millions. Les actions du chemin d'Orléans ont quadruplé leur valeur d'émission, celles du Nord et de Rouen l'ont plus que doublée.

La plupart de nos grandes industries ont éprouvé la bienfaisante influence de la création des chemins de fer. L'industrie minière est devenue tellement florissante qu'elle est arrêtée dans ses développements par le défaut de bras; l'industrie métallurgique est aujourd'hui incapable de fournir aux besoins des grandes Compagnies; les manufactures ont généralement profité de la réduction considérable que les chemins de fer ont opérée dans le prix des transports; l'agriculture a pu, grâce aux chemins de fer, écouler ses produits sur des marchés qu'elle n'avait pu aborder jusqu'alors, et elle a réalisé de grandes améliorations en faisant usage d'engrais tels que le plâtre, le

guano, etc., que les chemins de fer lui fournissent à bas prix, et en généralisant l'emploi des tuyaux de drainage pour le transport desquels les Compagnies ont abaissé leur tarif à leurs dernières limites.

Les chemins de fer, par la création d'un immense personnel façonné à des habitudes d'ordre et de discipline, ont encore exercé sur nos mœurs une action qui n'a peut-être pas été suffisamment appréciée.

D'autres ont dit mieux que nous ne saurions le faire leur influence sur nos relations intérieures et extérieures [1].

Le gouvernement impérial a donné une vive impulsion à l'établissement de ces admirables voies de communication; il a compris, mieux qu'aucun des gouvernements qui l'ont précédé, tout le parti que l'on pouvait tirer du concours des grandes Compagnies.

Chemins en Allemagne. — Si les Anglais et les Belges ont précédé les Allemands dans la construction des grandes lignes de chemins de fer, les Allemands, nous regrettons de le dire, ont devancé les Français. C'est ce que prouvent les lignes suivantes que nous empruntons à un numéro du *Journal de l'Industriel et du Capitaliste* publié en 1840.

« L'association des douanes prussiennes se consolide et se fortifie par les chemins de fer qui s'établissent dans différents États de l'Allemagne. Il existe en ce moment de l'autre côté du Rhin environ 800 kilomètres de chemins de fer exécutés ou tout près d'être livrés à la circulation. Outre cela des projets sérieux promettent à l'Allemagne 1600 autres kilomètres de chemins de fer d'ici à quelques années. »

A la même époque la France ne comptait que 440 kilomètres de chemins de fer. L'Angleterre en avait déjà construit 2400 kilomètres et les États-Unis 1200.

Le premier chemin à locomotives établi en Allemagne est celui de Munich à Augsbourg, construit par un ingénieur fran-

1. Voy. les ouvrages de M. Michel Chevalier.

çais, M. Denis, ancien élève de l'École polytechnique, qui jouit en Allemagne d'une réputation bien méritée; le second celui de Berlin à Potsdam. De 1830 à 1840 on a étudié en Allemagne un grand nombre de lignes importantes et on en a commencé quelques-unes ; mais ce n'est qu'à partir de 1840 que les gouvernements des divers États qui la composent ont imprimé une vive impulsion à la construction des chemins de fer. Aujourd'hui, un vaste réseau s'étend déjà sur tout le pays et l'activité déployée dans l'exécution répond assez au reproche de lenteur que l'on adresse si souvent à nos voisins d'outre-Rhin.

A l'inspection de la carte on distingue dans ce réseau :

1° Une grande ligne du nord au midi entre Stettin et Friedrichshaffen réunissant la Baltique au lac de Constance en passant par Berlin, Leipzig, Nuremberg et Augsbourg.

2° Une ligne de Kiel à Trieste servant de lien entre la Baltique et l'Adriatique en passant par Hambourg, Berlin, Dresde, Prague, Vienne.

3° Une ligne de l'ouest à l'est entre Aix-la-Chapelle et Berlin sur laquelle se soudent, à Berlin, une branche qui se termine à Kœnigsberg après avoir traversé la Vistule à Dirshau, et une autre branche qui, passant par Breslau, s'étend jusqu'à Cracovie. Cette grande artère prolongée d'Aix-la-Chapelle jusqu'aux ports belges d'Anvers et d'Ostende réunit la mer du Nord à la Baltique, le Rhin à la Vistule.

4° Une seconde ligne transversale partant de Mayence, passant à Francfort, Cassel, Veimar, Leipzig, Dresde, et aboutissant à Breslau.

5° Une troisième ligne transversale, enfin, dont une partie importante, entre Vienne et Munich, reste à construire; ligne qui établira la communication la plus rapide de Strasbourg à Carlsruhe, Stuttgard, Augsbourg, Munich, Vienne, Presbourg et Pesth. Cette dernière ligne ne tardera pas à se prolonger jusqu'à Belgrade et même probablement jusqu'à Constantinople. Elle réunira le Rhin au Danube, l'Océan à la mer Noire.

Sur ces grandes lignes viennent s'embrancher une infinité de lignes importantes; en sorte que toutes les grandes villes d'Allemagne sont ou seront réunies prochainement par des voies ferrées.

Les chemins allemands sont pour la plupart à une voie, comme l'ont été longtemps les chemins belges. Ils ont été construits avec des rails légers, économiquement, mais beaucoup plus solidement cependant que les chemins américains.

« Le principe posé aujourd'hui dans toute l'Allemagne, la Bavière rhénane exceptée, est celui-ci, dit M. Couche : construction et exploitation par l'État des lignes d'intérêt général; construction par l'industrie privée des lignes d'intérêt local. » L'Autriche vient d'abandonner ce principe en confiant l'exploitation de ses grandes lignes et l'exécution de plusieurs lignes nouvelles à une Compagnie franco-allemande. C'est que, sans doute, le gouvernement autrichien a reconnu que les Compagnies possèdent une puissance industrielle, et une habileté pour l'exécution et l'exploitation que l'on ne peut rencontrer dans une administration publique. En France, les grandes Compagnies ont prouvé combien elles appréciaient le mérite des ingénieurs de l'État en les appelant à diriger leurs travaux; mais elles peuvent leur offrir des avantages qu'ils ne sauraient trouver dans l'accomplissement de leurs fonctions publiques et leur confier surtout des pouvoirs incompatibles avec les formes administratives.

En vain, M. Couche, défendant le système de l'exécution et de l'exploitation par l'État, exprime-t-il la crainte que les Compagnies de spéculateurs ne sacrifient l'intérêt général à leurs intérêts privés. Cette crainte est mal fondée. Il est bien rare que les intérêts privés, bien compris d'une Compagnie, ne soient pas d'accord avec l'intérêt général. Le contrôle exercé par l'État n'est d'ailleurs nullement illusoire, comme semble le croire M. Couche. Il est très-sérieux. L'administration publique, dirigée ordinairement par des hommes fort capables mais déjà âgés, n'est pas naturellement progressive; les Compagnies,

stimulées par le désir de faire fortune, sont bien plus audacieuses, bien plus intelligentes quand elles se placent au point de vue commercial et financier. Elles ne jouent d'ailleurs, vis-à-vis de l'État, que le rôle de puissants entrepreneurs.

L'Allemagne, à la fin de 1852, comptait 8490 kilomètres de chemins exploités et un grand nombre en construction.

Chemins aux États-Unis[1]. — Les voies de communication par terre, avant l'établissement des chemins de fer, étaient on ne peut plus mauvaises en Amérique; il ne pouvait en être autrement dans un pays où les distances à parcourir sont si grandes, et où la main-d'œuvre est à un prix si élevé. Traverser le plus souvent d'immenses forêts vierges pour aller d'un pays à un autre n'était pas chose facile; au lieu de routes, on préférait ouvrir des canaux partout où cela était praticable, afin de compléter la navigation intérieure des lacs et des nombreuses rivières, qui offrait déjà d'immenses avantages; c'est ainsi qu'on a exécuté 8000 kilomètres de canaux environ.

Le premier railway, construit en Amérique vers 1820, était un petit chemin de 5000 mètres de longueur, de Boston à Quincy, employé à transporter des blocs de granit pour la construction d'un obélisque. Plus tard en 1829, une ligne de 21 kilomètres environ fut ouverte entre Baltimore et Ellicotts-Mills, Mais les premières lignes de quelque importance, construites pour transporter des marchandises et des voyageurs, datent seulement de 1835. Elles ont été établies dans l'État de Massachussets, entre Boston et Lowell, Boston et Providence, Boston et Worcester, et elles présentent ensemble une longueur de 195 kilomètres.

Les Américains comprirent bien vite combien ces sortes d'entreprises pouvaient être fructueuses et devaient concourir à la prospérité de leur pays, en offrant des débouchés aux divers produits, principalement aux produits agricoles. De nombreuses

1. Cet article est extrait d'un mémoire rédigé par M. Grenier, ancien élève de l'École centrale, ingénieur principal aux chemins de fer de l'Est.

compagnies se formèrent, et on ouvrit des chemins dans toutes les directions.

C'est surtout pendant les dernières années que les chemins de fer ont acquis un développement considérable.

Au commencement de 1852, la longueur totale des chemins en exploitation était de 17 410 kilomètres, et celle des chemins en construction de 17 549 kilomètres; à la fin de la même année, la longueur des chemins exploités était de 21 348 kilomètres, et celle des chemins en construction ou projetés de 20 407 kilomètres, à la fin de 1853, la longueur des chemins exploités avait atteint 28 513 kilomètres, et à la fin de 1854, 31 842, ce qui est énorme eu égard à la population qui n'est encore que de 24 millions d'habitants.

On peut dire que les chemins de fer contribuent puissamment au défrichement des forêts et à la colonisation. Toute la masse des émigrants qui arrivent en Amérique se porte en ce moment vers les États de l'ouest, dans le voisinage des différentes lignes de fer qui viennent d'être terminées ou qui s'y construisent; aussi les terrains y acquièrent-ils promptement de la valeur.

Au chemin de fer de l'Illinois central, traversant le territoire de l'Illinois dans toute sa longueur, l'État a abandonné à la Compagnie tous les terrains que ce chemin traverse, sur une zone de 9^{kil},50 de chaque côté; la Compagnie réalisera des bénéfices considérables sur la vente de ces terrains que l'État concède ordinairement aux particuliers à raison de 12 francs l'hectare. Le voyageur est surpris de voir avec quelle rapidité des villages et des villes se forment sur le parcours de ces nouvelles lignes; l'accroissement de la population est aux États-Unis, tel que, d'après les calculs et selon les prévisions, le nombre d'habitants ne serait pas moindre de cent millions avant la fin du XIXe siècle. Le chiffre des émigrations dépasse aujourd'hui 400 000 par an.

Pour donner en passant une idée de la formation rapide de ces villes américaines, il faut citer Cincinnati, située au bord de l'Ohio, ville qui ne date que de soixante années, et dont la

population actuelle est de 100 000 habitants. Dix-sept lignes de chemins de fer la traversent en tous sens.

Le prix d'établissement des chemins de fer a varié dans ce pays entre 150 000 francs et 70 000 francs le kilomètre. Le prix moyen de tous les chemins construits en 1852 était, matériel compris, de 108 500 francs. Ceux construits depuis n'ont coûté en moyenne que 78 500 francs environ le kilomètre; c'est que ces derniers, généralement à simple voie, ont presque tous été exécutés dans des terrains très-faciles; plusieurs d'entre eux, dans l'Illinois, ont été établis sur le sol naturel sans qu'on ait eu besoin de faire autre chose que des fossés d'assainissement de chaque côté sans employer de ballast.

Dans le Missouri, on a commencé un grand railvay qui devra être continué jusqu'à l'Océan Pacifique, et mettre ainsi l'Orégon et la Californie en communication immédiate avec New-York. Une portion de ce chemin, à partir de Saint-Louis, est déjà livrée à la circulation; pour sa continuation dans le territoire des Indiens, on se propose de poser d'abord un chemin en bois destiné au transport des matériaux et des ouvriers.

La proportion des chemins à double voie aux chemins à simple voie n'est aux États-Unis que de 7 pour 100.

Nous ne terminerons pas cet article, sur les chemins de fer aux États-Unis, sans dire aussi un mot des *plank-roads*, système de chemins en bois formés de madriers posés à plat sur des longrines, et qui présente aux États-Unis où le bois abonde, de tels avantages qu'il ne tardera peut-être pas à remplacer la plus grande partie des voies de communication rurales faites en empierrement.

C'est dans le haut Canada, en 1835, que le plank-road fut employé la première fois à titre d'expérience; on se contenta de poser des planches de 4 mètres sur des traverses, sans aucun principe de construction; l'expérience ayant donné des résultats plus satisfaisants que l'on ne s'y attendait, tant sous le rapport de la facilité de transport que sous celui du faible prix d'entretien, on construisit, en 1837, la route de Salina à Cen-

tral Square, sous la direction de M. Geddes et de M. Saint-Alvord, qui ont le plus contribué au développement du système des plank-roads dans le Canada.

Après les troubles de 1838, les routes en bois devinrent sous la direction de M. Hamilton, président de la chambre des travaux, un des perfectionnements à l'ordre du jour, et elles furent alors importées, avec le plus grand succès, d'abord dans le haut Canada et ensuite dans le bas Canada.

Mais c'est surtout dans l'État de New-York que ce système a fait le plus de progrès; depuis quatre années seulement que les plank-roads y étaient employés en 1850 on en comptait dans cet État, 3370 kilomètres; ils ont été exécutés au prix moyen de 6186 fr. le kilomètre. A la même époque, il n'en existait encore que 700 kilomètres dans le Canada.

Aujourd'hui on construit de ces chemins dans tous les Etats de l'Union.

On peut dire que les chemins en bois en Amérique paraissent destinés à alimenter les chemins de fer et les canaux, et qu'ils ne leur sont pas inférieurs dans leurs usages particuliers.

Les chemins en bois rendent de grands services à la population agricole pour les communications avec les villes; ils offrent au fermier l'avantage d'avoir une route en bon état où il peut se servir de son matériel roulant pour transporter en toute saison les produits de sa ferme au marché voisin, et ils ont aussi avec les chemins de fer, et même à un plus haut degré, une telle influence sur les propriétés, qu'ils les font augmenter considérablement de valeur.

Les chemins en bois ne durent guère au delà de huit années.

Hollande. — Il existait en Hollande, d'après l'annuaire Chaix, à la fin de 1853, un chemin d'Amsterdam à Rotterdam long de 80 kilomètres, passant par Harlem, Leyde et La Haye; et un chemin d'Amsterdam à Arnheim, long de 91 kilomètres, passant par Utrecht. Un chemin de fer est projeté de Mœrdick, au réseau belge, à Anvers.

Russie et Pologne russe. — Les chemins de fer en exploi-

tation dans l'empire russe sont : celui de Saint-Pétersbourg à Moscou, long de 650 kilomètres environ, et desservant 21 stations y compris celles des points extrêmes; le chemin de Saint-Pétersbourg à Tsarskoe-Selo, et Pawlowsk, 28 kilomètres, et enfin le chemin de Saint-Pétersbourg à Gatchina, 42 kilomètres, première section ouverte le 19 octobre 1853, du chemin de fer de Saint-Pétersbourg à Varsovie.

Sont à l'étude : les chemins de fer de Saint-Pétersbourg à Péterhof, 22 kilomètres; Dunabourg à Riga, 200 kilomètres. Plusieurs autres chemins de fer sont projetés dans la Russie méridionale.

Italie. — L'Italie ne possède encore que des tronçons de chemins de fer, mais ils concourent à la formation de lignes qui se relieront, dans un avenir peu éloigné, à celles des États voisins. Dans l'Italie supérieure, sont en exploitation les chemins de fer suivants qui, réunis, doivent former, plus tard, la ligne de Milan à Venise, en correspondance par la mer Adriatique, avec Trieste, savoir : Milan à Tréviglio, 24 kilomètres; Vérone et Venise par Vicence et Padoue, 120 kilomètres, avec embranchement, d'une part, de Vérone à Mantoue, et d'autre part, de Venise à Trieste.

Il existe, en outre, un embranchement de Milan au lac de Côme par Mouza.

Divers chemins de fer de jonction sont en construction ou à l'étude, savoir :

Plaisance à Bologne, par Parme, Reggio et Modène;

Reggio à Mantoue;

Bologne à Pistoie.

Dans l'Italie inférieure, il n'existe encore que des chemins de fer de localités; ceux de Florence à Prala et Pistoie, 34 kilomètres; de Florence à Pise avec embranchement de Pise à Lucques, de Pise à Livourne, et enfin d'Empoli à Sienne.

Dans les États Romains, une ligne a été concédée de Rome à Florence, et de Bologne à Ancône; mais aucune section n'en est encore exploitée.

Le royaume de Naples possède les chemins de fer de Naples à Salerne avec embranchement sur Castellamare, de Naples à Capoue avec embranchement sur Nola.

Sardaigne et Piémont. — Le gouvernement du roi Victor Emmanuel encourage, par des garanties d'intérêts et par des abaissements de droits, la construction des chemins de fer dans ses États.

Grâce à sa coopération éclairée, il s'est formé depuis quelques années des compagnies nationales qui, aujourd'hui toutes à l'œuvre, auront bientôt doté le pays de nombreuses voies de communication rapide.

Le royaume de Piémont est le passage naturel de la France dans l'Italie centrale, et, par suite des concessions faites et de celles projetées, Turin sera promptement relié d'une part aux chemins de fer français par Grenoble et par la Suisse, et d'autre part, à Venise et à la mer Adriatique par Milan, Vérone et Vicence.

Les lignes concédées représentent, non compris les chemins de jonction avec la Suisse, plus de 500 kilomètres, savoir : Turin à Suze, 54 kilomètres; — Turin à Novarre, 96 kilomètres; — Trufarello à Coni, 75 kilomètres; — Bra à Cavalle-Maggiore, 13 kilomètres; — Mortara à Vigitano, 13 kilomètres; — Turin à Pignerol, 38 kilomètres; — Turin à Gènes, 209 kilomètres; — Gènes à Voltri, 12 kilomètres.

Le chemin de Turin à Savigliano a été ouvert le 13 mars 1853; il doit se prolonger sur Fossano, Ceutalto et Coni. De Savigliano, il est projeté un embranchement sur Salme, 13 kilomètres.

La ligne de Turin à Gènes a été inaugurée le 6 décembre 1853.

Par décret royal du 28 avril 1853, il a été fait concession pour quatre-vingt-dix-neuf ans, à une Compagnie française, du chemin de fer *Victor Emmanuel*, partant de Modène, dans la province de Maurienne, et allant, par Chambéry, à la frontière de France et à celle du canton de Genève. Cette ligne se reliera au chemin de fer de Suze à Turin.

De Novarre, un chemin de fer ira à Alexandrie par Mortara et Casal.

La distance qui sépare Milan de Vigerana n'est pas de plus de 35 kilomètres en ligne droite; l'on pourrait donc facilement se raccorder sur ce point avec le chemin de fer de Milan à Venise.

Suède et Norvége. — Il n'existe encore dans ce pays qu'un seul chemin de fer, celui de Christiania au lac Mjosen, mais il met un cinquième de la propriété et un quart de la population en communication avec la capitale. La longueur totale de la voie est de 67^{kil},2; le lac Mjosen est sillonné par des bateaux à vapeur jusqu'à 107 kilomètres de Christiania, et établit ainsi une communication rapide entre les populations nombreuses, les districts les plus favorisés par la nature, par l'industrie et le littoral de la mer du Nord, avec laquelle les rapports commerciaux étaient, jusque-là, difficiles, et par conséquent onéreux. Cette région comprend, en effet, une des parties les plus accidentées de la Norvége; au premier aperçu le chemin de fer semblait impraticable, et il a fallu toute l'habileté et la hardiesse du célèbre ingénieur qui a dirigé les travaux pour vaincre des difficultés si nombreuses.

Le chemin de fer dont il est question, et dont les 67^{kil},2 auront coûté 11 250 000 francs à construire, a été partiellement livré à la circulation du 1er janvier au 1er août dernier, sur une longueur de 56^{kil},8.

Danemark. — Il n'existe en Danemark qu'un chemin de fer en exploitation, celui de Copenhague à Rœdskilde, 38 kilomètres environ, mais le prolongement de Rœdskilde à Korsœr paraît décidé.

Suisse. — Les premières études d'un chemin de fer en Suisse, celui de Morges à Yverdun, réunissant le lac Leman au lac de Neufchâtel, ont été faites en 1838 par une société formée sous la présidence de M. Perdonnet père. Le tracé a été déterminé par M. Fraisse, ingénieur distingué. Le chemin de Zurich à Bade étant le premier, ce chemin sera le second livré à l'exploitation; il sera ouvert au mois d'avril ou de

mai 1855. L'ancien tracé de M. Fraisse a été adopté avec de légères modifications, et l'exécution du chemin lui a été confiée.

Ce chemin doit se prolonger d'une part jusqu'à Genève, en passant à une petite distance du lac Leman et de l'autre jusqu'à Berne, en passant à Morat. Une autre ligne déjà concédée à une Compagnie s'étendra de Berne à Bâle; elle formera, avec la précédente, un chemin complet de Bâle à Genève. Dans un avenir prochain le chemin sera réuni aux chemins français par une branche qui, partant d'un point entre Morges et Yverdun, ira rejoindre le chemin de Dôle à Salins après avoir passé à Jougne et Pontarlier. Ce sera le chemin le plus court de Paris à Genève, et il deviendra, en se prolongeant de Lausanne sur le Valais, le grand chemin de Paris à Milan.

On a étudié en Suisse d'autres lignes importantes.

De la grande ligne de Bâle à Genève se détache, à Olten, une ligne qui s'étendra de l'ouest à l'est de la Suisse jusqu'à Romanshorn sur le lac de Constance, et qui desservira Arau, Bade, Zurich, Vinterthur et Frauenfeld. Elle utilisera le tronçon déjà construit de Bade à Zurich. Les travaux sont en grande activité entre Zurich et Romanshorn. Un embranchement partira de Vinterthur pour desservir Shaffhouse; de Romanshorn à Coire, un nouveau chemin suivra les bords du lac de Constance et la vallée du Rhin. Ce chemin se prolongera plus tard jusqu'en Italie en traversant le Lukmanier et ira se souder à la ligne de Bellinzone à Gènes. Lucerne, enfin, sera desservi par un embranchement partant d'Arburg, sur la grande artère du nord au sud. Neufchâtel sera mis également en communication avec cette grande artère. Le réseau que nous venons de décrire desservira directement, ou par des embranchements, Bâle, Berne, Soleure, Neufchâtel, Genève, Lausanne, Zurich, Lucerne, Shaffhouse et Coire. On a aussi projeté un chemin de fer qui s'étendra de Lausanne jusqu'à Sion dans le Valais et un chemin direct de Bâle à Zurich.

Espagne et île de Cuba. — L'établissement des chemins de fer dans ce pays si riche en produits minéraux de toute espèce

et si fertile sur une certaine étendue de son territoire, doit y accroître considérablement la richesse nationale et produire une fusion bien désirable entre des provinces animées encore d'un déplorable esprit d'antagonisme vis-à-vis les unes des autres. La portion des chemins de fer construits est cependant insignifiante eu égard à la grandeur du pays. Ce ne sont que de véritables tronçons d'une faible longueur. A la fin de 1852, on ne comptait que quatre lignes en exploitation; celle de Madrid à Aranjuez, longue de 48 kilomètres; de Barcelonne à Mataro, dont la longueur est de 27 kilomètres 1/2; de Gijon à Fontaneira, 10 kilomètres; et de Valence au Grao et à Benifayo, dont la portion exploitée comprenait un total de 27^{kil},50.

Le gouvernement espagnol, comprenant toute l'importance des voies de communication ferrées, a étudié un réseau qui relierait entre elles toutes les grandes villes de la Péninsule; mais il est à craindre que l'exécution n'en soit pas aussi rapide qu'on pourrait le désirer.

La colonie espagnole de l'île de Cuba est plus riche en chemins de fer que la mère-patrie. Il y existe déjà plusieurs lignes dont la longueur est de 604 kilomètres. Les premiers travaux datent de 1834. De nouveaux chemins d'une assez grande longueur ont été concédés à des Compagnies respectables.

Portugal. — En Portugal on construit le chemin de Lisbonne à Santarem, long de 95 kilomètres, et qui doit se relier plus tard à la ligne de Madrid, à la frontière de Portugal, passant par Badajoz.

Turquie et Grèce. — En Turquie et en Grèce, il n'existe encore aucun chemin de fer, mais il y a lieu d'espérer que, la guerre avec la Russie terminée, ces pays, grâce à l'influence de la France et de l'Angleterre, entreront enfin dans la voie du progrès industriel et commenceront l'établissement de grandes lignes.

Algérie. — On ne voit encore aucune voie ferrée en Algérie, mais la concession du chemin d'Alger à Blidah ainsi que celle du chemin de Bone à Constantine ont été demandées, et

ces chemins ainsi que plusieurs autres seront sans doute construits dans un avenir prochain.

Une compagnie, dit M. le général du génie de Chabaud Latour, dans une note qu'il a fait imprimer sur la nécessité de faire exécuter de grands travaux en Algérie, compagnie qui compte dans ses rangs plusieurs hommes d'une haute intelligence et ayant une connaissance approfondie de l'Algérie, vient de présenter un travail digne de beaucoup d'intérêt sur l'exécution des chemins de fer de l'Algérie par la ligne centrale du Tell avec rattaches à la côte. Le réseau complet serait de 1500 kilomètres environ.

Égypte.—En Egypte, il n'existe qu'un chemin de fer, celui d'Alexandrie au Caire. Il sera probablement prolongé jusqu'à la mer Rouge.

Inde. — Un plan complet, embrassant l'Inde entière dans son vaste réseau, a été envoyé en Angleterre par le gouverneur général des possessions anglaises pour être soumis à l'approbation du gouvernement. Le point de départ serait à Calcutta, d'où le railway irait traverser le Gange à Ramajhal, puis le Doab et se dirigerait vers Agra et Delhy. A cette ville, la ligne compterait 1100 kilomètres de longueur. Une fois que cette portion serait achevée, on poursuivrait la voie ferrée jusqu'à Lahore et Peshawar pour mettre en rapport la vallée de l'Indus avec celle du Gange. A un point quelconque du chemin de Calcutta à Delhy, viendrait se souder une ligne partant de Bombay qui rapprocherait Calcutta de l'Europe de plusieurs journées. Enfin Madras serait lié au réseau par une ligne s'étendant pendant 70 milles (112 kilomètres) vers l'ouest, et qui, là, se bifurquerait pour aller d'un côté vers Calicut, sur la côte de Malabar, et de l'autre vers Bombay par Bellary.

Le 3 février 1855, on a inauguré le chemin de Calcutta aux houillères de Raneegunge. Cette ligne a 195 kilomètres de longueur. Elle doit être prolongée de 960 kilomètres jusqu'à Cawnpore. L'ingénieur M. Stephenson espère que les travaux seront terminés dans trois ans.

Brésil. — Au Brésil, le gouvernement encourage par des garanties d'intérêts et par des concessions de priviléges l'établissement des chemins de fer dans ses États.

Mexique. — On vient de livrer à la circulation (28 janvier 1855) le chemin de fer de Panama. Le trajet de l'isthme qui, dans l'origine avait demandé jusqu'à dix-sept jours et que, par les moyens ordinaires, on était à peine parvenu à réduire aux fatigues de trois journées, s'opère aujourd'hui en six heures.

DE LA LONGUEUR DES CHEMINS DE FER ÉTABLIS COMPARÉE A LA SURFACE DES PRINCIPAUX PAYS.

Nous croyons ne pouvoir mieux terminer ce chapitre sur la construction des chemins de fer dans les différents pays, qu'en comparant leur longueur à la surface territoriale de ces pays et à leur population.

Le tableau suivant fournira les éléments de cette comparaison au 1er janvier 1854.

NOMS DES ÉTATS.	Population.	Étendue du territoire.	Population par kilomètre carré.	Longueur des chemins de fer construits.	Longueur par kilomètre carré.	Longueur par million d'habitants.
Angleterre. . .	27 435 325h	309 668kc	88h 5	12 362k	39m92	451k 2
États-Unis. . .	24 000 000	8 896 415	2 6	28 513	3 18	1188 0
France.	35 783 170	527 686	67 7	4 631	8 77	129 8
Belgique. . . .	4 359 090	29 425	148 1	1 600	54 37	363 4
Russie d'Europe	54 000 000	4 831 089	11 1	720	0 15	13 3
Autriche, y compris la Lombardie et Venise.	36 514 466	662 326	55 1	1 972	2 97	54 0
Prusse.	16 400 000	282 697	58 0	3 451	12 20	210 3

CHAPITRE III.

NOTIONS GÉNÉRALES SUR LA DISPOSITION DES VOIES EN FER, SUR LES MOTEURS QUI Y SONT EMPLOYÉS ET SUR LES AVANTAGES DES CHEMINS DE FER AU POINT DE VUE TECHNIQUE.

Disposition des voies. — L'effort qu'il faut exercer pour remorquer un véhicule sur une route, est d'autant moindre que la surface sur laquelle se meuvent les roues est plus dure et plus unie.

Les Romains attachaient une grande importance à la construction de la chaussée de leurs routes. Ils lui donnaient une épaisseur et une composition telle, que l'on trouve encore fréquemment des portions de routes dans un état parfait de conservation. La partie extérieure de ces chaussées sur laquelle s'opérait le roulement se composait en général de blocs de pierre d'assez forte dimension assemblés avec soin.

Dans les temps modernes on a dû renoncer à un mode de construction si dispendieux; aussi a-t-on composé les chaussées de matériaux de plus faible dimension, mais qui, par cela même, offraient au roulage une surface moins unie.

Le roulage sur ces nouvelles routes étant devenu beaucoup plus difficile que sur les anciennes routes romaines, on imagina d'abord de faire porter les roues sur deux files parallèles de pierres dures et bien dressées, tandis que les chevaux marchaient dans l'espace compris entre ces bandes de pierres, puis, voulant augmenter encore la dureté du chemin, on fut conduit à les remplacer par des plaques ou des bandes de fontes ou de fer.

Telle a été l'origine *des chemins de fer ou chemins garnis de files parallèles de bandes de fer ou de fonte fixées solidement au terrain.*

Les chemins de fer sont souvent désignés sous le nom de *railways*. Ce mot, emprunté à la langue anglaise, est formé de deux autres; *way*, chemin, et *rail*, bande. Ainsi railway ne signifie pas seulement un chemin de fer, mais un chemin composé de files parallèles de bandes de matière quelconque, un chemin composé, par exemple, de bandes parallèles de pierre, comme il en existe encore à Milan et à Londres, ou bien un chemin composé de bandes de bois, comme on en voit aux États-Unis et dans beaucoup de mines en Prusse. Les bandes qui constituent le chemin s'appellent alors des rails.

Fig. 1.

Les railways sont à *bandes saillantes* (*edge-rails*), lorsque les bandes de fer ne portent aucun rebord pour maintenir le chariot sur la voie; c'est alors sur les roues que se trouvent les bourrelets ou saillies qui empêchent la roue de dévier, comme figure 1.

Ils sont à *bandes plates* (*plate rails*), quand les bandes sont garnies d'un rebord, ce qui permet d'employer pour les voitures les roues ordinaires (Fig. 2.)

Fig. 2.

Les chemins à bandes saillantes sont aujourd'hui généralement préférés aux chemins à bandes plates, à cause de la grande facilité avec laquelle on maintient la surface des rails parfaitement propre.

On trouve cependant encore un grand nombre de chemins à bandes plates dans les mines ou dans le voisinage des grands établissements d'industrie.

Le chemin de fer réduit pour ainsi dire à sa plus simple expression, n'est composé que de deux files de bandes de fer.

C'est ainsi que l'on peut concevoir le chemin de fer tel qu'on l'a établi dans l'origine pour transporter du charbon ou des produits industriels à de petites distances, sur des chariots qui marchaient une partie de la journée dans un sens avec la même vitesse, et qui revenaient ensuite sur le même chemin dans la direction opposée.

Mais cette voie unique, composée de deux files de rails seulement, devint insuffisante dès que les chariots durent se croiser ou se dépasser. On posa alors deux voies, ou quatre files de rails, sur toute la longueur de la route, ou du moins de distance en distance, sur une partie de la longueur, et on se ménagea les moyens de passer à volonté d'une voie sur une autre.

Les chemins de fer composés de deux voies sur toute leur longueur sont appelés *chemins à double voie ;* ceux dans lesquels on n'a posé une double voie que sur une partie de la longueur sont nommés *chemins à simple voie.*

Dans certains pays où le terrain est précieux, les routes ordinaires sont tellement étroites que deux voitures ne peuvent y marcher de front et se croiser que dans quelques endroits où elles présentent des espèces de renflements. On est alors forcé de faire en sorte de ne se rencontrer que dans ces gares ménagées à dessein. Sur les chemins à simple voie il faut aussi calculer la marche des convois de telle façon qu'ils se rencontrent exactement dans les parties où sont placées les deux voies. Les chemins à double voie sont plus commodes, mais ils sont plus coûteux.

Quelques accidents arrivés sur des chemins à une seule voie en France ont conduit à penser qu'ils étaient excessivement dangereux. La plupart des chemins belges et des chemins allemands ont cependant été exploités avec une seule voie pendant plusieurs années sans que le nombre des accidents y fût plus grand que sur les chemins à deux voies. Les chemins à une voie ne sont d'une exploitation réellement difficile, et par suite dangereuse, que lorsque la circulation y dépasse certaines limites. Ce n'est

que sur des chemins de cette espèce, où la circulation était trop active pour une seule voie, que l'on a eu à déplorer des accidents.

On a construit des chemins de fer composés d'une seule file de rails qui ont été appelés, du nom de leur inventeur Palmer, *chemins à la Palmer*. Les roues des voitures employées sur ces chemins sont creusées en gorge de poulies à leur pourtour et placées au milieu des essieux, chaque essieu n'en portant qu'une seule. La charge en marchandises ou en voyageurs est logée dans des caisses suspendues aux extrémités des essieux, et les rails sont établis sur des colonnes ou des piliers au-dessus du sol (Fig. 3).

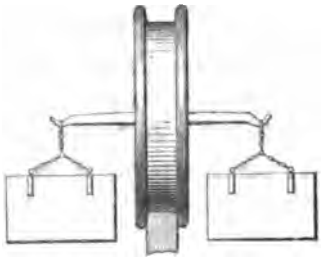


Fig 3.

Ce mode de construction est, sans doute, fort économique, mais les chariots sur un chemin de ce genre manquent de stabilité, si on ne charge également les extrémités des essieux, condition difficile à remplir lorsqu'on transporte des voyageurs; aussi l'usage en a-t-il été jusqu'à ce jour fort limité. On ne les a employés que dans l'intérieur d'un petit nombre d'établissements industriels (chemin du bureau des navires à Deptfort près de Londres) pour un transport de marchandises peu important (chemin des fours à chaux et de la briqueterie de Cheslhunt, au canal de Lee); dans quelques mines de houille (mines de Rive-de-Gier), ou enfin pour des travaux de terrassements (terrassements pour les fortifications de Paris au bois de Boulogne).

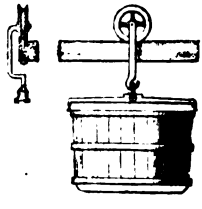


Fig. 4.

M. Amédée Burat décrit dans son *Traité de la recherche et de l'exploitation des minéraux utiles* le chemin à la Palmer de Rive-

de-Gier sur lequel on se sert de chariots à une seule caisse placée au moyen d'une espèce d'essieu recourbé au-dessous du rail (Fig. 4). Il signale aussi comme inconvénient de ce système le défaut de stabilité des caisses de chariots.

On trouve sur tous les chemins de fer employés au transport des voyageurs et marchandises, aux deux extrémités et à chacun des points intermédiaires où les convois doivent s'arrêter, des bâtiments plus ou moins vastes qui servent à loger les bureaux de distribution des billets ou à procurer un abri aux voyageurs. Dans le voisinage de ces bâtiments, en certains points, il existe outre les voies principales du chemin de fer des voies auxiliaires pour le remisage des voitures et des machines. Le service du chemin exige enfin des ateliers de réparation, des magasins, des réservoirs, etc., etc., etc.

L'emplacement plus ou moins vaste sur lequel ces bâtiments divers avec leurs dépendances ont été construits, et ces voies auxiliaires posées, porte le nom de *gares de stationnement* ou *stations*.

Nous étendrons ce nom de gare aux emplacements réservés pour les ateliers, ordinairement construits dans des terrains situés en dehors du chemin, et où les convois ne stationnent pas.

On appelle enfin *gares d'évitement* les parties des chemins à une seule voie sur lesquelles on a posé une double voie (Fig. 5).

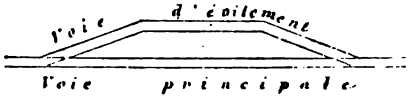


Fig. 5.

Ce nom de gares d'évitement est usité aussi pour les parties des chemins à double voie où les convois passent sur une voie latérale, pour reprendre ensuite l'une des voies principales.

On distingue les gares ou stations *extrêmes*, gares d'arrivée ou de départ, et les gares ou stations *intermédiaires*.

Les gares intermédiaires se subdivisent en :

Gares intermédiaires de *première classe*, *deuxième classe* et *troisième classe*, et quelquefois même en gares de *quatrième classe*.

Les gares de première classe sont placées près des grandes villes ou à proximité de localités très-peuplées, tous ou presque tous les trains s'y arrêtent. Une partie seulement des convois stationne dans les gares de seconde classe.

Considérant les gares sous un autre point de vue, on les divise en :

Gares appropriées au service *des voyageurs* seulement.

Gares appropriées au service *des marchandises* seulement.

Gares appropriées au service *des voyageurs et des marchandises*.

Les ateliers de réparation ne sont quelquefois que les dépendances des gares de voyageurs ou de marchandises. Souvent aussi ils sont renfermés dans des gares spéciales.

On peut enfin distinguer les gares traversées par un seul chemin de fer et celles dans lesquelles aboutissent ou se croisent plusieurs chemins de fer.

Moteurs. — On emploie comme moteurs sur les chemins de fer *les hommes* ou *les animaux*, *les machines fixes*, *les machines locomotives*, et la force naturelle de la pesanteur ou *gravité*.

Les hommes poussent ou traînent les chariots; les chevaux ou les bœufs les traînent presque toujours en agissant également comme sur les routes ordinaires, ou quelquefois en leur donnant le mouvement à un manége. Dans ce dernier cas, les chariots, attachés à la suite les uns des autres, sont fixés à une corde qui s'enroule ou se déroule sur le tambour d'un manége. Ce n'est guère que sur des rampes d'une grande inclinaison (plans inclinés) qu'on emploie les tambours et les manéges. Les machines fixes sont des machines *fixées* au sol, et qui font tourner des tambours à l'aide desquels on remor-

que les convois exactement de la même manière. On se sert ordinairement, dans ce cas, de machines à vapeur. Cependant, on peut aussi faire usage de machines hydrauliques ou de toute autre espèce. Aux États-Unis, on trouve sur quelques chemins de fer des roues hydrauliques.

Les machines locomotives sont des machines à vapeur, accompagnées de leur chaudière, de leur foyer et de leur cheminée, portées sur un chariot spécial placé en tête du convoi qu'elles remorquent.

Elles impriment le mouvement de rotation à un des essieux du chariot. Les roues qui sont fixées aux extrémités de cet essieu tournent aussi, mais comme elles sont gênées dans leur mouvement par la résistance qu'elles trouvent sur le rail, il suffit que cette résistance soit en rapport avec la charge que la machine doit traîner pour qu'elles ne puissent tourner qu'en avançant.

C'est à peu près de la même manière qu'une machine à vapeur, placée sur un bateau, le fait marcher en faisant tourner les deux roues à palettes qui remplacent les rames.

La force naturelle de la pesanteur ne peut être employée qu'à la descente, où elle entraîne les chariots avec d'autant plus d'énergie que la pente est plus forte. Sur un chemin de fer en ligne droite, elle suffit pour faire équilibre à la résistance dès que la pente atteint quatre millièmes, c'est-à-dire lorsque, pour un parcours de mille unités de longueur, mètres ou pieds, le niveau du chemin s'est abaissé de quatre fois cette unité[1]. La plus légère impulsion met alors les chariots en mouvement, et ils peuvent, à la rigueur, descendre sur une pareille pente sans le secours d'aucun moteur.

Sur une pente plus forte, il y a excès de *gravité*, et les chariots descendraient avec une vitesse qui croîtrait constamment jusqu'à une certaine limite, si l'on ne se servait de freins pour les contenir.

1. La pente est alors *descendante*; elle serait ascendante et deviendrait une rampe si le niveau s'était élevé au lieu de s'être abaissé.

Quand la pente atteint deux centièmes environ, l'effet de la pesanteur qui entraîne les chariots descendants est assez grand pour que ces chariots puissent, à l'aide d'une disposition particulière, faire monter des chariots moins pesamment chargés, marchant en sens contraire sur une voie parallèle

Les chariots qui doivent descendre sont alors accrochés à l'extrémité d'une corde passant sur une poulie couchée horizontalement, ou à peu près, au sommet du chemin incliné, et les chariots qui doivent monter sont fixés à l'autre extrémité de la corde.

On conçoit comment les premiers, roulant du haut du plan vers le bas sur une même voie, entraînent, par l'intermédiaire de la corde, les seconds qui suivent, en sens contraire, une voie parallèle.

Les plans inclinés, disposés de cette manière, portent le

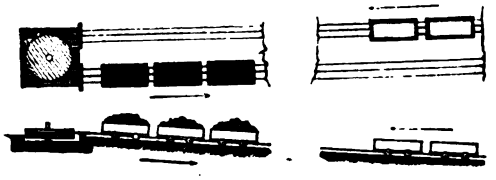


Fig. 6.

nom de *plans automoteurs* (self-acting planes). (Fig. 6).

Avantages des chemins de fer au point de vue technique. — La vitesse est aux yeux du public le principal, le seul avantage peut-être, qu'aient les chemins de fer sur les routes ordinaires. Très-probablement, cependant, on pourrait obtenir cette vitesse avec des machines locomotives sur des routes ordinaires, tracées comme les chemins de fer, et parfaitement entretenues; mais elle deviendrait excessivement coûteuse, tant en raison de la grande résistance des voitures que par suite des causes de destruction qui agiraient sur les locomotives.

Le principal avantage des chemins de fer est donc de ren-

dre l'emploi de la machine locomotive possible pour le transport à un prix modéré des voyageurs et des marchandises, du moins lorsqu'ils sont établis dans de certaines conditions que nous ne tarderons pas à faire connaître.

Mais cet avantage n'est pas le seul que possèdent les chemins de fer, la résistance sur les voies de fer est moins grande que sur les routes ordinaires; il en résulte une diminution dans les frais de traction avec toute espèce de moteur et à un degré quelconque de vitesse, qui a conduit à construire des chemins de fer longtemps avant que les machines locomotives fussent connues.

Cette diminution de résistance due à l'emploi des chemins de fer n'est très-sensible, et l'emploi des locomotives n'y a lieu avec avantage qu'autant que leurs pentes sont faibles et que leur direction se rapproche de la ligne droite.

Pour bien établir ce fait important, analysons les résistances diverses que doit vaincre le moteur sur un chemin de fer ou sur une route ordinaire.

Deux résistances seulement se manifestent dans une voiture qui roule en plaine et en ligne droite sur une route quelconque, l'une au pourtour des roues, résultant des inégalités du terrain, l'autre à l'essieu, provenant des aspérités de la boîte dans laquelle l'essieu tourne en frottant.

La première, appelée quelquefois *frottement de roulement*, est considérable sur les routes, car celles-ci ne sont jamais, comme les chemins de fer, parfaitement dures, parfaitement unies. On estime qu'elle est, sur les meilleures routes Mac-Adam, sept fois aussi considérable que la seconde, et on trouve que la somme des deux résistances est égale à un trentième du poids du véhicule et de sa charge, c'est-à-dire telle que, si l'on attachait à l'extrémité de la voiture une corde et que cette corde, d'abord tendue horizontalement, vînt, après savoir passé sur une poulie fixée au milieu de la route, à tomber verticalement dans un puits, il faudrait, pour entraîner la voiture, ou au moins pour en contre-balancer les résistances et lui permettre de céder à la plus faible impulsion, attacher à l'extrémité de

la corde qui pend dans le puits autant de kilogr. qu'il y a de fois trente kilogr. dans le poids du chariot.

Sur une route en fer, la résistance sur les essieux du chariot est exactement la même que si le chariot roulait sur une route ordinaire, car elle dépend du mode de construction du chariot et non de celui de la route; mais la résistance au pourtour de la roue, qui dépend essentiellement du plus au moins grand nombre d'aspérités que présente la surface sur laquelle s'opère le mouvement, est presque nulle. Elle n'est plus que la moitié de la résistance sur l'essieu, et la somme des résistances, à une vitesse de moins de six lieues à l'heure, n'est plus que la deux-centième partie du poids du chariot, ou même, lorsque le chariot est bien construit et bien graissé, la deux cent cinquantième partie environ.

Cette somme des résistances sur un chemin de fer n'est par conséquent que la septième ou la neuvième partie de ce qu'elle est sur une route ordinaire. *Un cheval, une machine, un moteur quelconque, peuvent donc traîner sur un chemin de fer de niveau, en ligne droite, à une vitesse modérée de moins de six lieues à l'heure, une charge de sept à neuf fois aussi grande que sur une route ordinaire à la vitesse en usage sur ces routes.*

Si la vitesse augmente, la résistance que l'air, même dans l'état de calme parfait, oppose à la marche des convois, devient sensible. Elle s'accroît avec cette vitesse dans une proportion telle, qu'à soixante ou soixante-dix kilomètres par heure elle s'élève, sur un chemin de fer, au double de ce qu'elle est à des vitesses modérées. Ainsi, *à la vitesse de soixante ou soixant-dix kilomètres par heure, un moteur quelconque ne traîne plus sur un chemin de fer de niveau, en ligne droite, que le tiers ou le quart de la charge qu'il traîne sur les routes à la vitesse en usage.*

Si la route, d'horizontale qu'elle était, devient inclinée tout en conservant la direction rectiligne, et que le cheval soit obligé de gravir une rampe, chacun sait que la résistance qu'il éprouve

s'accroît. Cette augmentation ne provient pas de l'un ou de l'autre frottement du chariot : les frottements, au contraire, diminuent; mais il se développe une troisième résistance, occasionnée par le poids du chariot, qui tend à le faire reculer, et qui l'entraînerait si elle était plus forte que les frottements, et si le cheval n'exerçait aucun effort en sens contraire. Cette troisième résistance est d'autant plus grande que la pente est plus forte, et elle croît même si rapidement avec la pente que, pour peu que les montées soient roides, les chevaux deviennent incapables de mouvoir le véhicule même au pas, si on ne leur adjoint des chevaux de renfort.

Le frottement au pourtour des roues n'est donc plus, sur une rampe un peu forte, qu'une petite fraction de la résistance totale[1], *et la pose des bandes de fer comme moyen de réduire ce frottement, n'offre plus les mêmes avantages qu'en plaine.* Les machines fixes peuvent alors, si l'inclinaison ne dépasse pas certaines limites, être encore employées avec économie; mais il n'en est pas de même des machines locomotives qui, ayant à se traîner elles-mêmes, ont à vaincre non-seulement l'accroissement de résistance de charge, mais encore l'accroissement de résistance provenant de leur propre poids. Ainsi, l'on admet assez généralement que, l'usage des machines locomotives, sur une pente de plus de deux et demi centièmes, lors même qu'elles trouveraient sur le rail la résistance (adhérence) nécessaire pour tourner sans glisser, cesse d'être économique.

A la descente, le poids du chariot qui, à la montée, l'entraînait en sens contraire du cheval, agit dans le même sens que celui-ci, et, si la pente est un peu rapide, le cheval est obligé de retenir les chariots au lieu de les traîner et consomme sa force en pure perte. C'est alors que, sur les chemins de fer, on se

1. Sur une pente de quatre millièmes par exemple, imperceptible à l'œil, la résistance totale sur un chemin de fer à une vitesse modérée est déjà double de la résistance due au frottement, la seule qui se manifeste en plaine; sur une rampe de huit millièmes elle est triple, de seize millièmes quintuple.

passe de moteur, ou que, même si la pente devient assez forte, on utilise, au moyen de mécanismes que nous avons indiqués (voir page 50), l'excès de poids nuisible sur les routes [1].

Jusqu'à présent nous avons supposé que le chemin suivait une ligne droite; *les circuits engendrent de nouvelles résistances.*

La force que l'on connaît sous le nom de force *centrifuge* et qui se développe lorsqu'un corps prend un mouvement curviligne, tend à jeter contre le mur le cavalier galopant autour d'un manége et oblige la pierre lancée par une fronde à se mouvoir en ligne droite, cette force tend aussi à entraîner en ligne droite le chariot qui décrit une courbe, et elle agit avec d'autant plus d'énergie que la vitesse est plus considérable et que le rayon de la courbe est plus petit. Sur une route ordinaire, comme il est rare que l'on marche très-rapidement et que d'ailleurs le frottement contre le terrain oppose généralement une résistance suffisante à la force centrifuge, elle n'a d'autre effet que de faire verser les voitures lorsqu'on veut tourner trop court. Sur un chemin de fer elle chasse, dans les circuits formés de deux files courbes de rails, les roues contre les rails de la plus grande courbe, et donne lieu, de cette manière, à un frottement de leurs rebords contre ces rails. Plus la vitesse est

1. Il ne faudrait pas s'imaginer cependant que les frais de transport sur les chemins de fer, à la descente, lorsque la pente dépasse une certaine limite, soient tout à fait nuls.

La pente étant de cinq à quinze millièmes, les chariots descendent, il est vrai, d'eux-mêmes, sans qu'on emploie aucun moteur pour les traîner, mais il faut ensuite les ramener en montant. Sur le chemin de Darlington, on a eu l'heureuse idée de faire descendre les chevaux qui traînaient les chariots à la montée, dans de petits wagons écuries, de cette manière ils n'éprouvaient aucune fatigue pendant une partie de la journée; ils paraissaient même trouver beaucoup de plaisir à ce genre de promenades, et en les ramenant ainsi en voiture on avait augmenté d'un tiers leur travail utile à la montée. Aujourd'hui, les chevaux ont été, sur ce chemin, remplacés par des machines locomotives.

Sur les plans *automoteurs* la gravité ou la pesanteur est le seul moteur employé. Ce moteur ne coûte rien, mais la dépense pour l'entretien des cordes, poulies, etc., équivaut à celle qu'occasionnerait l'emploi d'une machine locomotive sur un terrain de niveau.

grande et le rayon de la courbe petit, plus cette résistance est considérable.

En outre, deux nouveaux frottements résultent, sur un chemin de fer courbe, de la construction même des wagons.

L'un de ces frottements a pour cause immédiate la construction même du système de rotation. Les roues étant fixées aux essieux doivent nécessairement, en vertu de cette disposition, effectuer toujours le même nombre de tours que l'essieu dans sa boîte ; mais comme dans une courbe les deux rails sont d'inégales longueurs, les roues n'ont pas la même distance à parcourir : celle que guide le rail le plus éloigné du centre de la courbe serait obligée, si elle était libre sur son axe, de faire, pour compenser cette différence de parcours, un plus grand nombre de tours ; or, comme cela est impossible, il s'ensuit que les roues, en effectuant leur mouvement de rotation, exécutent pendant le passage des courbes un mouvement de glissement en avant ou en arrière, suivant la position respective des roues.

Le second frottement résulte de la position des essieux dans leurs boîtes, position qui ne leur permet pas de converger vers le centre de la courbe, comme ils le feraient s'ils étaient libres.

Ces résistances n'ont pas lieu sur les routes ordinaires où l'on se sert de voitures dont le train de devant peut tourner librement, et dont les roues portées sur un même essieu, peuvent, dans le même temps, faire des nombres de tours différents.

On a imaginé différents moyens pour contre-balancer ou détruire l'effet de ces résistances ; mais aucun, jusqu'à présent, ne paraît atteindre parfaitement le but, du moins sur les chemins de fer que l'on veut parcourir à de grandes vitesses. Il en résulte qu'un chemin de fer sur lequel on veut marcher rapidement n'admet pas de courbes d'un aussi petit rayon qu'une route ordinaire.

On voit donc en résumé par ce qui précède :

1° *Que la construction des chemins de fer pour les transports à grande vitesse est particulièrement avantageuse dans les pays*

de plaine ou faiblement accidentés, puisque c'est dans ces pays surtout qu'il est facile de remplir les deux conditions sans lesquelles on ne peut marcher rapidement et économiquement avec des machines locomotives, savoir : une faible inclinaison des rampes et des courbes de très-grand rayon.

On est cependant parvenu, au moyen d'immenses travaux, à établir des chemins de fer à grande vitesse dans des pays assez fortement accidentés; mais ils ne sont avantageux, financièrement parlant, qu'autant que la circulation y est très-active.

2° *Que la construction des chemins de fer offre des avantages d'une autre nature, mais qui ne sont pas moins grands, pour le transport des marchandises, lorsque le terrain est sensiblement incliné et que les chariots descendent avec de fortes charges, remontent à vide ou avec de faibles charges.*

Dans le cas contraire, c'est-à-dire lorsque, sur un terrain incliné, les plus fortes charges montent tandis que les plus faibles descendent, ou lorsqu'il y a égalité de mouvement commercial dans les deux sens, la construction d'un chemin de fer peut encore être motivée comme moyen d'employer les machines à vapeur fixes au transport des marchandises, mais elle devient généralement sans application au transport des voyageurs à grande vitesse. Jusqu'à ce jour les machines fixes n'ont été employées à remorquer les voyageurs sur des rampes très-inclinées que pour des portions de lignes très-courtes et aujourd'hui elles sont presque partout abandonnées, même pour le remorquage des trains de marchandises.

3° *Que, dans les pays très-accidentés (pays de hautes montagnes), où il est impossible ou très-difficile d'éviter les circuits prononcés et les fortes rampes dans des sens divers ou dans celui du mouvement, le chemin de fer perd la plus grande partie de ses avantages sur la route ordinaire et devient à peu près impraticable.*

CHAPITRE IV.

DU TRACÉ DES CHEMINS DE FER.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES ET PRINCIPES QUI PRÉSIDENT A L'ÉTUDE DES TRACÉS.

Parmi les problèmes que soulève l'exécution des chemins de fer, il n'en est pas de plus important que la détermination de leur tracé. Si les chemins de fer sont destinés à exercer une influence bienfaisante sur l'avenir de notre industrie et de notre commerce, sur l'avenir même de notre civilisation, ce n'est qu'à la condition d'être bien conçus, bien tracés. Un chemin de fer, il ne faut pas l'oublier, est un aimant qui attire à lui toute l'activité commerciale et industrielle du pays dans un cercle fort étendu. Si donc il vivifie les contrées qu'il traverse, il appauvrit au contraire celles dont il s'éloigne, et s'il est mal tracé, non-seulement il donne lieu à un gaspillage de la fortune publique, mais encore il peut jeter la perturbation la plus fâcheuse dans la distribution de notre richesse nationale, et tout en étant une cause de prospérité pour quelques-uns, devenir, pour un grand nombre, un instrument de ruine. On ne saurait par conséquent étudier le tracé des chemins de fer avec trop de soin[1].

Longtemps, l'étude des tracés, abandonnée en France et en Angleterre aux ingénieurs, s'est faite sous l'empire d'idées trop exclusives. On s'est appliqué à atteindre une perfection artisti-

1. Les rapports de M. le comte Daru à la Chambre des Pairs sur le tracé de plusieurs de nos grandes lignes de chemin de fer, renferment les plus hautes considérations sur la question du tracé des chemins de fer, exposées avec une grande lucidité. Nous ne connaissons aucun document imprimé dont la lecture soit d'un plus vif intérêt pour les personnes qui s'occupent de cette question.

que excessivement coûteuse, sans songer que la question n'était pas purement technique, mais qu'elle était aussi commerciale, politique et même militaire.

On comprend effectivement que s'il importe de faire disparaître autant que possible, dans le tracé des routes, les inégalités du sol au moyen de tranchées, de souterrains, de remblais ou de viaducs, il n'est pas moins essentiel de proportionner la dépense aux produits et de ne jamais perdre de vue l'intérêt politique ou commercial et les exigences de la stratégie.

Que l'on se propose, par exemple, de construire un chemin de fer pour une circulation médiocrement active et dont l'avenir est incertain, convient-il, dans ce cas, pour éviter les pentes trop roides, d'aplanir le terrain à grands frais, de couper ou de percer les montagnes pour adoucir les contours du chemin? Non certes, il vaut mieux alors gravir des rampes un peu plus inclinées et tourner brusquement autour des contre-forts; la dépense d'exploitation qui, en définitive, ne se compose pas uniquement des frais de traction, mais qui comprend également les frais généraux, l'intérêt et l'amortissement du capital, en sera amoindrie et l'entreprise en sera plus fructueuse.

Ce calcul du rapport des produits au capital engagé que font les spéculateurs, ne saurait être indifférent au gouvernement qui administre la fortune de tous[1], mais ses prévisions n'ont pas, comme celles des spéculateurs, le temps pour limite. Il doit donc souvent sacrifier le présent à un avenir éloigné mais certain, auquel ne songent guère les capitalistes pressés de jouir, et n'oublier jamais que ce n'est pas seulement en grossissant par ses produits les recettes du Trésor qu'une voie de communication est utile au pays, mais aussi en contribuant à l'accroissement du bien-être général, en répandant les bienfaits de la civilisation dans les provinces qu'elle traverse, en facilitant l'action d'une administration éclairée, et enfin, en servant aux mouvements des troupes qui protégent le territoire.

1. Voir plus loin, l'opinion exprimée sur cette question par M. le comte Daru.

C'est sous l'empire de ces principes que le gouvernement anglais, dans un pays où les travaux productifs sont livrés aux Compagnies, a construit la grande route de Holyhead, afin d'activer les relations de la métropole avec l'Irlande, et que le gouvernement français a contribué pour une part considérable à l'établissement du chemin de fer de Paris à Strasbourg, qui sert en même temps à favoriser notre commerce avec l'Allemagne et à porter rapidement, en cas de guerre, nos troupes vers la frontière de l'est.

On voit qu'un bon tracé doit remplir un grand nombre de conditions, souvent incompatibles et qui se dérobent à une saine appréciation; ce serait par conséquent tenter l'impossible que de vouloir établir des règles absolues pour les déterminer.

Mais l'expérience acquise, quelque courte qu'elle soit, a déjà fourni certaines données qui, sans conduire directement et par une voie sûre à la solution du problème, contribuent à en diminuer les difficultés. C'est dans l'exposé de ces données que consiste aujourd'hui toute la théorie du tracé des chemins de fer.

Les premières études d'un chemin de fer se font dans le cabinet et sur de bonnes cartes.

Plusieurs directions se présentent au premier abord pour une même ligne, toutes semblant offrir des avantages à peu près égaux, et il est assez difficile de se prononcer pour l'une d'elles, de préférence aux autres. On ne pourrait en effet citer aucun chemin de fer pour lequel d'habiles ingénieurs n'aient proposé de suivre des directions différentes, et défendu leurs tracés par des arguments en apparence également bons.

Une compagnie ou un gouvernement ne peut pas faire étudier le terrain dans toutes les directions possibles, ou même dans toutes celles qui paraissent à première vue également avantageuses. Il faut que les ingénieurs chargés de rédiger les projets fixent leur choix, et pour cela ainsi que pour la comparaison des tracés étudiés ils seront utilement guidés par la connaissance de certains faits que nous devons d'abord passer

en revue, et qui nous conduisent à établir les principes les plus généralement admis en matière de tracés.

Tracés directs. — Lorsque, pour la première fois, l'administration des ponts et chaussées s'occupa en France du tracé des grandes lignes de chemins de fer, elle parut disposée à adopter les tracés les plus directs d'une extrémité à l'autre de la ligne, mais alors les localités intermédiaires n'étaient pas desservies, ou ne l'étaient que par de simples embranchements.

Ainsi, elle approuva le projet d'un tracé direct de Paris au Havre, qui ne desservait Rouen que par un embranchement.

Plus tard même, elle autorisa l'exécution du chemin de Bâle à Strasbourg, qui passe à de grandes distances d'une partie des localités les plus importantes de la haute Alsace, et celle du chemin de Dijon à Châlon, auquel on reproche de négliger plusieurs villes ou villages qu'il aurait dû toucher ou même traverser.

Sans doute, il est essentiel de raccourcir le trajet entre les deux points extrêmes d'une grande ligne, quand ce sont des villes de première classe, des centres d'activité du premier ordre; sans doute le temps est aujourd'hui devenu si précieux que quelques heures de plus ou de moins du Havre à Marseille peuvent influer sur l'avenir du commerce de l'Angleterre avec l'Afrique ou avec l'Inde, et conserver à la France ou faire dévier sur l'Allemagne le grand courant que le commerce fera naître inévitablement lorsque la mer Rouge communiquera plus facilement avec la Méditerranée; mais on a, dans cette pensée, beaucoup trop amoindri l'importance des localités intermédiaires. C'est ce qu'a le premier démontré M. Minard, inspecteur divisionnaire des ponts et chaussées, dans un travail sur la statistique des chemins de fer.

Les notes suivantes sur le rapport du parcours partiel des voyageurs au parcours de la ligne entière sont en partie extraites de ce travail.

PARCOURS PARTIEL SUR DIVERSES VOIES DE TRANSPORT.

DÉSIGNATION DES CHEMINS OU PARTIES DE CHEMIN.	RAPPORT du parcours partiel à la circulation générale.	RAPPORT des voyageurs du parcours partiel à tous les voyageurs.	TOTALITÉ des voyageurs dans l'année.
Chemins de fer français.			
Paris à St-Germain (Année 1852). .	0,61	0,65	2 186 000
Paris à Versailles, rive droite (Année 1851).	0,65	0,73	2 127 529
Paris à Corbeil (1841).	0,40	0,59	866 000
Lyon à St-Étienne (1851, 2e semest.)	0,66	0,85	357 354
Nîmes à Beaucaire (1841). Extrait du Tableau de M. Minard.	»	0,14	211 000
Nîmes à Alais. *Id.*	»	0,51	111 000
Strasbourg à Colmar (Année 1846). .	0,75	0,90	296 883
Id. à Mulhouse. *Id.* . . .	0,86	0,96	536 578
Id. à Bâle. *Id.* . . .	0,87	0,97	749 424
Montpellier à Cette (Année 1851). . .	0,20	0,37	167 628
Paris à Rouen (1852, 2e semestre). .	0,50	0,68	564 331
Rouen au Havre (du 1er mars au 31 août 1852).	0,41	0,70	228 498
Paris à Creil (Année 1852).	0,91	0,98	1 428 730
Id. à St-Quentin. *Id.*	0,90	0,98	1 817 603
Id. à Amiens. *Id.*	0,79	0,96	1 680 506
Id. à Boulogne. *Id.*	0,76	0,96	1 902 867
Id. à Douai. *Id.*	0,91	0,95	1 843 389
Id. à Quiévrain. *Id.*	0,79	0,97	2 078 541
Id. à Mouscron. *Id.*	0,92	0,99	2 650 980
Id. à Calais. *Id.*	0,88	0,98	2 391 991
Chemins de fer belges. (Extrait du Tableau de M. Minard.)			
Bruxelles à Malines (Juin 1838). . .	0,23	0,35	312 000
Id. à Anvers. *Id.*	0,50	0,71	1 010 000
Id. à Gand. *Id.*	0,62	0,84	990 000
Id. à Liége. *Id.*	0,66	0,91	1 118 000
Gand à Malines. *Id.*	0,65	0,84	»
Id. à Louvain. *Id.*	0,80	0,90	»
Id. à Liége. *Id.*	0,90	0,98	809 000
Id. à Anvers. *Id.*	0,75	0,91	638 000
Anvers à Malines. *Id.*	0,34	0,50	121 000
Id. à Liége. *Id.*	0,75	0,94	»
Louvain à Liége. *Id.*	0,74	»	»
Id. à Warenne. *Id.*	0,91	0,95	»
Bruxelles à Tubise (1840, 6 mois) .	0,66	»	»
Tous les chemins belges ensemble (Juin 1842).	0,67		4 103 860

PARCOURS PARTIEL SUR DIVERSES VOIES DE TRANSPORT.

DÉSIGNATION DES CHEMINS OU PARTIES DE CHEMIN.	RAPPORT du parcours partiel à la circulation générale.	RAPPORT des voyageurs du parcours partiel à tous les voyageurs.	TOTALITÉ des voyageurs dans l'année.
(SUITE.)			
Chemins de fer anglais. (Extrait du Tableau de M. Minard.)			
Grand junction Railway (Juin 1841)	0,46	0,89	550 000
Londres à Southampton (Juillet et Août 1841)	0,45	0,79	679 000
Londres à Birmingham (Janv. 1843)	0,40	0,70	2 490 000
Id. à Blakwal, au moins	0.68	0,77	490 000
North Midland (moitié 1841-1842)	0,59	0,84	460 000
Chemins de fer allemands.			
Leipsig à Dresde (Année 1852)	0,45	0,71	452 264
Dresde à Gorlitz. *Id.*	0,65	0,88	446 321
Vienne à Brunn, 1840 (Extrait du Tableau de M. Minard)	0,48	0.86	84 000
Francfort à Wisbaden (1841). *Id.*	0,60	0,68	709 000
Chemins de fer américains. (Extrait du Tableau de M. Minard).			
Schenectady à Utica (1838)	0,20	0,46	153 000
Frédericksburg à Richmond (1841)	0,21	»	»
New-York à Philadelphie	0,66	0,80	403 000
Transports par diligence ordinaire. (Extrait du Tableau de M. Minard.)			
Route de Paris à Lille	0,71	0,94	364 000
Id. de Paris à Strasbourg	0,86	0,98	294 000
Id. de Paris à Rouen	0,67	0,91	749 000
Id. de Toulouse à Perpignan	0,57	»	»
Id. de Toulouse à Nîmes	0,74	»	»
Transports par eau. (Extrait du Tableau de M. Minard.)			
Canal du Midi, barque de poste (1839)	0,75	0,92	84 000
Paris à Rouen, bateaux à vapeur, etc.	0,70	0,90	300 000
D'Orléans à Nantes. *Id.*	0,76	»	»
Châlon à Lyon. *Id.*	0,64	0,80	300 000
Compiègne au Pec. *Id.* (1839)	0,60	0,81	20 000

Il résulte de ce tableau que la circulation locale pour les chemins de faible longueur, comme ceux de Saint-Germain et Versailles, est beaucoup plus importante que l'on eût été tenté de le supposer, eu égard à la courte distance qui sépare les villages desservis par les stations, et à leur faible population[1], et que sur de grandes lignes comme le chemin du Nord, elle est proportionnellement plus grande que sur les petites lignes. Le nombre des voyageurs compense en général, pour de courtes distances, jusqu'à un certain point, la longueur du parcours.

Si, sur les chemins de Montpellier à Cette et de Nîmes à Beaucaire, le parcours partiel est comparativement faible, cela tient à ce que ces deux lignes ne traversent *par exception*, entre les points extrêmes, que des lieux presque déserts.

Si la dépense était la même pour le transport d'un voyageur du parcours partiel que pour un voyageur du parcours total, le rapport entre les distances parcourues par ces deux espèces de voyageurs, rapport fourni par la première colonne de notre tableau, serait aussi celui des produits nets en argent du transport de ces voyageurs; mais il faut remarquer : 1° Que le nombre de voyageurs de parcours partiel qui se servent de voitures de seconde et de troisième classes de préférence à celles de première, est notablement plus grand que celui des voyageurs de parcours total, et que, par conséquent, la taxe moyenne que paye chaque voyageur est moindre; 2° que l'exploitation des localités intermédiaires augmente considérablement le rapport du nombre des places vides à celui des places occupées, et devient, sous ce rapport, onéreuse à l'exploitation.

1. Lors de la publication du mémoire de M. Minard, en 1842, le rapport du parcours partiel à la circulation générale n'était, sur le chemin de Saint-Germain que de 0,27 et sur le chemin de Versailles (rive droite) que de 0,28. En 1852, d'après notre tableau, le rapport pour le chemin de fer de Saint-Germain s'était élevé à 0,61, et pour le chemin de Versailles (rive droite) à 0,65. Ces chiffres montrent avec quelle rapidité l'établissement des chemins de fer a développé le parcours partiel. Le chemin de Strasbourg n'est livré au public que depuis trois ans et déjà le mouvement des stations de la banlieue est presque double de ce qu'il était la première année.

L'influence de la longueur du parcours sur le choix des places et sur la taxe moyenne ressort du tableau suivant.

PARCOURS moyen d'un voyageur.	CHEMINS allemands.	CHEMINS belges.	CHEMINS anglais.	COMPAGNIE du Nord.	COMPAGNIE de l'Est.	CHEMIN de Strasbourg à Bâle.	COMPAGNIE de Paris à Lyon.	COMPAGNIE de Paris à Rouen.	COMPAGNIE de Rouen au Havre.	COMPAGNIE d'Orléans.
	1850	1850	1845	1850	1855	1851	1855	1853	1855	1853
1re classe. . .	57	59,5	42	130	137,5	48	»	85	55	168
2e classe. . .	51	43	22	64	93	31	»	68	45	83
3e classe. . .	28	26	18	39	60	25	»	61	42	61
Parcours moyen d'un voyageur quelconque. . .	43,85	»	»	51	71	29	92	66	43	78

Quant à l'accroissement des frais provenant du parcours partiel, un raisonnement bien simple le mettra en évidence. Un convoi composé de dix voitures remorquées par une seule locomotive peut transporter 400 voyageurs de Paris à Versailles; 800 voyageurs transportés à moitié chemin dans des voitures de même classe donneront le même produit brut, mais pour transporter ces 800 voyageurs, il faudra 20 voitures et 2 locomotives qui, bien que les wagons ne parcourent que la moitié de la longueur totale du railway, devront faire le trajet dans son entier. Le produit brut restera donc le même et la dépense sera doublée.

Observons toutefois que ceci n'est qu'un cas extrême admis pour mieux faire ressortir la vérité de notre assertion, car, généralement, partie au moins des voyageurs du petit parcours sont remplacés par des voyageurs partant des stations intermédiaires.

1. Nous n'avons pas pu nous procurer des renseignements plus récents.

Ainsi, tout en appelant l'attention sur l'importance du rôle que jouent les produits des localités intermédiaires sur un grand nombre de lignes, nous ne prétendons pas qu'il faille dévier une grande ligne pour lui faire desservir les moindres bourgs; nous recommandons au contraire de bien fixer la valeur des produits que peut fournir une localité avant de lui sacrifier la rapidité ou l'économie du parcours entre les localités extrêmes; ayant bien soin de tenir compte autant du parcours moyen de chaque voyageur que du nombre de voyageurs.

C'est ainsi que la Compagnie de l'Est a cru devoir, en étudiant le tracé du chemin entre Paris et Mulhouse, le faire passer à plusieurs kilomètres de la ville de Provins, parce qu'elle a reconnu que pour toucher à cette ville il eût fallu se jeter dans des dépenses qui n'étaient nullement en rapport avec l'accroissement de produit auquel ce détour aurait donné lieu.

Dans ces sortes de calculs il faut avoir égard au transport des marchandises autant qu'à celui des voyageurs. Le transport des marchandises sur les chemins de fer ne devient ordinairement avantageux que lorsque la distance dépasse un certain nombre de kilomètres. Aussi le parcours moyen d'une tonne de marchandises est-il, sur nos principales lignes, plus grand que celui d'un voyageur. C'est ce que prouve le tableau suivant :

UNITÉS DE COMPARAISON.	COMPAGNIE du Nord.	COMPAGNIE de l'Est.	COMPAGNIE de Paris à Lyon.	COMPAGNIE de Paris à Rouen.	COMPAGNIE de Rouen au Havre.	COMPAGNIE d'Orléans fusionnée.
	1853	1853	1853	1853	1853	1853
Parcours moyen d'un voyageur.	51	71	92	66	43	78
Parcours moyen d'une tonne de marchandises.	161	169	198,5	122	68	199

Il ne faudrait pas croire cependant que le transport des marchandises, à de petites distances, soit insignifiant. Il résulte des tableaux publiés par M. Teisserenc sur le mouvement commercial des chemins de York à Darlington, et de Saint-Étienne à Lyon, que, sur le premier de ces chemins, dont la longueur n'est que de 72 kilomètres, moitié du tonnage en marchandises appartient au parcours partiel, et que, sur le second, long de 57 kilomètres, le mouvement local représente les deux tiers du mouvement total.

Sur le chemin de Manchester à Crewe, qui n'a que 48 kilomètres de longueur, le développement de la circulation intermédiaire en marchandises a été bien plus rapide que le développement du trafic des marchandises de long parcours. En voici le résumé que nous empruntons encore à l'ouvrage de M. Teisserenc.

CHEMIN DE FER DE MANCHESTER A CREWE

(*Ire section du railway de Birmingham à Manchester.*)

EXERCICES D'EXPLOITATION.	MARCHANDISES provenant ou à destination du Grand-Junction, c'est-à-dire parcourant tout le trajet de Manchester à Crewe.	MARCHANDISES appartenant aux stations intermédiaires de la ligne.
1er semestre de 1843. . .	13 966 tonnes.	1 154 tonnes.
2e » . . .	18 910 »	5 437 »
1er semestre de 1844. . .	24 371 »	12 548 »
2e » . . .	25 166 »	23 560 »
1er semestre de 1845. . .	34 035 »	32 005 »
2e » . . .	37 724 »	41 553 »
1er semestre de 1846. . .	47 979 »	89 681 »

Le tableau suivant extrait de l'ouvrage de M. Belpaire vient aussi bien que ceux de M. Teisserenc à l'appui de notre opinion.

TRANSPORT DES GROSSES MARCHANDISES SUR LES CHEMINS BELGES EN 1844.

à 5	kilomètres	15 647	tonnes,	dont 14 976 de Liége à Ans.
10	»	12 847	»	dont 9 754 de Chenle à Ans.
15	»	3 968	»	
20	»	40 646	»	dont 19 374 de Tournay à Mouscron.
25	»	25 069	»	dont 19 265 de Liége à Verviers.
30	»	5 014	»	
35	»	23 236	»	
40	»	35 042	»	dont 29 866 de Liége à Hobestal et retour.
45	»	41 206	»	
50	»	5 603	»	
55	»	3 506	»	
60	»	7 370	»	
65	»	9 183	»	
70	»	4 408	»	
75	»	14 655	»	
80	»	4 776	»	

On est frappé du chiffre des transports à des distances de 5 et 10 kilomètres seulement; nous ferons observer qu'ils s'effectuent dans des conditions exceptionnelles sur un plan incliné, vers le village d'Ans, qui doit être considéré comme le faubourg de Liége. Le transport par la route de terre, sur cette rampe, est très-coûteux; c'est ce qui permet au chemin de fer de soutenir la lutte.

Sur le chemin d'Alsace, le mouvement total des grosses marchandises, qui était en 1846 de 56 395 tonnes environ, s'est distribué de la manière suivante :

De Strasbourg	à Bâle ou Saint-Louis,	remonte et descente	1 873 seulement.
Id.	à Mulhouse,	*id.*	18 394
Id.	à Colmar,	*id.*	3 538
Id.	à Thann,	*id.*	3 412
Id.	à Schelestadt,	*id.*	666
De Mulhouse	à Bâle ou Saint-Louis,	*id.*	10 503
Id.	à Colmar,	*id.*	4 854
Id.	à Thann,	*id.*	3 492
Id.	à Schelestadt,	*id.*	1 028
		Total.	42 790

	Report.		42 790
De Colmar à Bâle ou Saint-Louis,		remonte et descente	1 186 seulement.
Id. à Thann,		*id.*	1 197
Id. à Schelestadt,		*id.*	130
De Thann à Bâle ou Saint-Louis,		*id.*	189
Id. à Schelestadt,		*id.*	180
De Schelestadt à Saint-Louis ou Bâle,		*id.*	714
De Strasbourg aux différentes stations de 2e et 3e ordre,		*id.*	3 402
De Mulhouse,	*id.*	*id.*	2 806
De Colmar,	*id.*	*id.*	1 011
De Thann,	*id.*	*id.*	454
De Schelestadt,	*id.*	*id.*	900
De Saint-Louis à Bâle,	*id.*	*id.*	1 262
Mouvement entre les stations de 2e et 3e ordre,		*id.*	182
		Total.	56 403[1]

On remarquera en parcourant le tableau qui précède :

1° Que la quantité de marchandises qui parcourt la totalité de la ligne de Strasbourg à Bâle, ou de Bâle à Strasbourg, n'est qu'une fraction très-faible de la masse qui circule sur le chemin ;

2° Que le mouvement entre Strasbourg et Mulhouse n'atteint pas le quart du mouvement total ;

3° Que le mouvement de Mulhouse à Bâle en est à peu près le sixième ;

4° Que la circulation à laquelle donnent lieu les stations de second et troisième ordre, quelque faible que soit leur importance sous le rapport de la population, est environ le sixième de la circulation totale.

Sur le chemin de Paris à Strasbourg le transport des marchandises entre les localités intermédiaires et à de petites distances est également productif. On en jugera par le relevé du mouvement pendant les mois de juillet, août et septembre 1854.

1. Depuis cette époque la Compagnie de Bâle a cessé de faire le relevé du tonnage partiel.

MOUVEMENT DES MARCHANDISES SUR LA LIGNE DE PARIS A STRASBOURG PENDANT LES MOIS DE JUILLET, AOUT ET SEPTEMBRE 1854.

			Mouvement total.
Mouvement des stations extrêmes entre elles.. . . .	8 184		
Id. des stations extrêmes aux stations intermédiaires et de ces dernières entre elles.	87 716		95 900 tonnes
Id. des stations extrêmes à toutes les stations..	29 825		
Id. des stations intermédiaires à toutes les. . stations.	66 075		95 900 »
Id. réciproque des gares extrêmes à toutes les stations	68 115		95 900 »
Id. des stations intermédiaires entre elles. .	27 785		

MOUVEMENTS PARTIELS PENDANT LE MÊME TEMPS ENTRE CERTAINES STATIONS A DE TRÈS-PETITES DISTANCES.

Entre Lagny et Meaux	(17 kilomètres). . . .	188 tonnes.
La Ferté et Château-Thierry	(29 »). . . .	392
La Ferté et Nogent	(19 »). . . .	103
Château-Thierry et Dormans	(22 »). . . .	489
Dormans et Épernay	(25 »). . . .	1906
Bar et Nançois	(11 »). . . .	39
Nancy et Blainville	(24 »). . . .	53
Sarrebourg et Saverne	(27 »). . . .	219
Steinbourg et Hochfelden	(12 »). . . .	57

De ce qui précède il résulte, que, bien que le produit du trafic intermédiaire ne soit pas tout à fait aussi grand qu'il peut le paraître à la seule inspection du tableau de M. Minard, il n'en est pas moins considérable autant pour les marchandises que pour les voyageurs, et, qu'*il serait par conséquent en même temps impolitique et préjudiciable aux intérêts financiers de l'État comme à ceux des Compagnies de sacrifier, ainsi qu'on l'a fait sur certaines lignes précitées, les intérêts des localités intermédiaires à ceux des points extrêmes.*

Si d'ailleurs les besoins du commerce rendent la construction des lignes directes nécessaire, on ne tardera pas à les établir malgré l'existence de celles qui s'en écartent peu. Il n'y a pas dix ans que le chemin de fer de Londres à York par Birmingham est ouvert au public, et déjà l'on a construit une ligne plus directe pour abréger le chemin de 64 kilomètres. En France le chemin du Nord, de Paris à Calais, fait un détour de 21 kilomètres pour passer à Pontoise, et de 37 kilomètres pour desservir Lille et ses environs; le chemin de Lyon s'éloigne du tracé direct pour passer à Dijon, mais l'activité du service a déjà fait décider l'exécution d'un chemin de Paris à Creil et forcera probablement à celle d'un chemin de Fampoux à Hazebrouk, ce qui raccourcirait le trajet de Paris à Calais de 158 kilomètres. Une Compagnie se présente pour construire une ligne de Paris à Lyon abrégeant de 70 kilomètres le parcours entre ces deux villes, et le gouvernement a consenti à l'exécution d'un chemin de Paris à Mulhouse afin de raccourcir de 128 kilomètres le voyage que l'on fait aujourd'hui par les voies de fer de Paris à Strasbourg et de Strasbourg à Bâle. Ce chemin réduira aussi de 61 kilomètres le passage par Dijon et Besançon. Enfin, le gouvernement s'occupe de la concession d'un chemin de Paris à Nevers par Corbeil réduisant de 65 kilomètres la distance entre ces deux villes.

M. Courtois, ingénieur en chef des ponts et chaussées, a combattu l'opinion soutenue par M. Minard; il s'est attaché à démontrer qu'il ne faut pas dévier les grandes lignes pour toucher quelques petites villes, bourgs ou villages qui peuvent se trouver à proximité de la direction à suivre. Nous ne pensons pas que M. Minard ait voulu contester l'importance des longs parcours et nier la nécessité de les favoriser en raccourcissant les distances. Ce que M. Minard a essayé de démontrer et ce que, selon nous, il a parfaitement établi par ses tableaux, c'est que jusqu'alors on s'était fait une fausse idée de l'importance des localités intermédiaires lorsque pour abréger de quelques kilomètres le parcours de Paris au Havre on faisait passer la

ligne principale à une assez grande distance d'une ville comme Rouen, ou encore, quand pour gagner quelques minutes sur le trajet d'une grande ville à une autre on rendait le service des points intermédiaires tellement difficile que l'on risquait d'ôter aux voyageurs de ces localités toute envie de se déplacer. C'est aussi notre opinion et celle d'un grand nombre d'ingénieurs.

Les faits suivants que nous empruntons à la dernière édition de l'ouvrage de Lardner, intitulé *Railway Economy* et publié en 1850, prouvent enfin surabondamment la grande importance des transports à de petites distances, pour les marchandises en même temps que pour les voyageurs.

Sur les chemins belges, en 1849, 40 pour 100 de la totalité des voyageurs n'avaient parcouru que des distances inférieures à 32 kilomètres et 73 pour 100 des distances de 64 kilomètres. Le parcours kilométrique des premiers forme 16 pour 100 du parcours total et celui des seconds 46 pour 100. 5 pour 100 seulement parcourent des distances dépassant 127 kilomètres et leur parcours kilométrique n'est que de 17 pour 100 du parcours total.

34 pour 100 des marchandises transportées parcourent des distances de moins de 20 milles (32 kilomètres) et 60 pour 100 des distances de moins de 40 milles (64 kilomètres). Le parcours kilométrique des premières est de 11 pour 100 du parcours total, et des secondes de 31 pour 100. 12 pour 100 seulement des marchandises sont transportées à des distances de plus de 80 milles (128 kilomètres), et leur parcours kilométrique est de 30 pour 100 du parcours total.

Tracés des vallées et des plateaux. — Les tracés directs écartés en principe, on s'est demandé s'il convenait d'établir les chemins de fer à côté des rivières et des canaux.

Les opinions se sont trouvées partagées.

Les uns prétendaient que les chemins de fer, dans le voisinage des canaux, feraient double emploi ; qu'en les construisant dans les mêmes directions on accumulerait les moyens de

production sur quelques lignes, tandis qu'il valait mieux les disséminer autant que possible sur toute la surface du pays, que la lutte qui s'établirait alors entre les deux voies de communication rivales, si elle n'était préjudiciable à l'une et à l'autre en même temps, finirait par être mortelle à l'une des deux; qu'ainsi tous les capitaux enfouis dans l'établissement de la voie qui aurait succombé seraient anéantis.

D'autres, loin de considérer le voisinage des voies navigables comme nuisible aux chemins de fer, le déclarèrent avantageux. Les chemins de fer ne sont à leurs yeux que le complément des canaux. Ils sont appelés à transporter à grande vitesse les voyageurs et les marchandises de roulage, ce que ne peuvent faire les canaux; tandis qu'à ces derniers appartient exclusivement le transport des marchandises de peu de valeur, transport qui ne peut s'opérer économiquement par les chemins de fer; ces voies, loin d'être rivales, se prêtent donc un mutuel appui.

Sans vouloir revenir ici sur la question de l'antagonisme des canaux et des chemins de fer, question que nous avons traitée plus haut, nous signalerons ce fait que l'on ne saurait méconnaître : *c'est qu'un grand nombre de lignes importantes de chemins de fer, en Angleterre, en France et en Belgique, sont parallèles à des voies navigables, ou du moins en sont peu distantes.*

Comment en effet pouvait-il en être autrement, lorsqu'on reconnaissait que les chemins de fer devaient avant tout desservir les grands centres de population, lesquels sont presque tous placés sur le bord de voies navigables, et que c'était par exception seulement qu'il convenait de les diriger; dans un but d'avenir, ou par des considérations stratégiques, au travers de contrées stériles et à peu près désertes?

Les grands courants de voyageurs et ceux de marchandises le plus souvent se superposent; les chemins de fer deviennent donc nécessaires précisément dans les directions que suivent déjà les voies navigables.

Qu'il soit juste, qu'il soit paternel de distribuer aussi également que possible la richesse à tous les habitants d'un pays, nous ne le nions pas; mais chaque localité possède des avantages qu'on ne saurait lui ravir.

Peut-être nous objectera-t-on que les premières lignes de chemins de fer, celles de Darlington, Saint-Étienne, etc., n'ont pas été établies parallèlement à des voies navigables; nous répondrons que ce n'est pas à ce genre de chemins de fer, destinés plutôt au transport du charbon qu'à celui des voyageurs, que l'on a fait allusion lorsqu'on a proposé d'éloigner les chemins de fer des voies navigables. Il s'agissait alors des chemins de fer à grande vitesse pour le transport des voyageurs, et c'est aussi de ces chemins de fer exclusivement que nous entendons parler, lorsque nous disons que les chemins de fer, parallèles aux voies navigables très-fréquentées, ont dû, à quelques exceptions près, mériter la priorité d'exécution.

M. le comte Daru, dans le rapport qu'il a rédigé sur le tracé du chemin de Lyon, exprime une opinion parfaitement semblable à la nôtre sur le parallélisme des chemins de fer et des voies navigables.

« Les voies à vapeur, dit-il, une fois leur classement arrêté, doivent être tracées dans le sens même et dans la direction que suivent aujourd'hui les grands mouvements de voyageurs et de marchandises, dirigés du centre sur les extrémités du territoire. Le signe distinctif des instruments nouveaux de locomotion étant une force d'attraction irrésistible, à laquelle tout cède, qui s'exerce à de longues distances, transforme toutes les industries, déplace toutes les habitudes, il pourrait bien se faire que de graves intérêts fussent compromis, si le gouvernement ne s'appliquait pas à ménager les transitions, à empêcher les changements trop brusques dans la situation économique du pays, s'il n'intervenait pas dans ce but, en choisissant les tracés les plus propres à affecter les appareils locomoteurs aux besoins de la circulation déjà existante, sans essayer d'en troubler ni d'en contrarier le cours.

« Quels motifs, d'ailleurs, pourrait-il y avoir de lutter contre la pente naturelle des choses, et de créer à l'aide d'un instrument nouveau, d'une manière artificielle et factice, une distribution nouvelle des richesses qui s'échangent entre les diverses parties d'un même empire ?

« Vous le savez, messieurs, cette distribution des richesses ne s'opère pas au hasard, au gré et selon le caprice des producteurs ou des consommateurs. Presque toujours elle est le résultat nécessaire de la configuration même du pays, de l'existence des voies de communication naturelles ou artificielles, dirigées dans tel sens plutôt que dans tel autre, par suite des accidents du terrain, et aussi du degré de richesse ou de fertilité inégalement répartie entre des contrées différentes.

« A combien de résistances, d'obstacles, de mécontentements sans cesse renaissants, ne s'exposerait-on pas, si l'on allait s'attaquer à ces habitudes anciennes, formées en quelque sorte d'elles-mêmes et nécessairement; si l'on avait la prétention de détruire ce que le temps a établi, de modifier ce que le cours naturel des choses a amené! Ne penserez-vous pas avec nous, messieurs, que ce serait là une œuvre bien difficile à entreprendre, une lutte bien dangereuse à entamer et, pardessus tout, une chose impolitique, également mauvaise et par l'effet matériel et par l'effet moral qu'elle produirait? Nous sommes donc d'avis, qu'en thèse générale, la meilleure direction d'un chemin de fer est celle qui se prête et se plie le mieux aux mouvements habituels de la circulation qui en trouble le moins le cours, qui respecte le mieux la possession, les droits acquis, et va par conséquent chercher les voyageurs et les marchandises là où ils affluent, se porte là où les grands courants des transports ordinaires sont depuis plus longtemps établis et fixés. »

La préférence donnée par les ingénieurs aux grandes vallées arrosées par des cours navigables pour l'établissement des chemins de fer n'est pas absolue. On a reconnu qu'il pouvait être utile d'en établir, dans certains cas, sur des plateaux, perpen-

diculairement ou obliquement à ces vallées, et c'est surtout dans l'étude des nouvelles voies destinées à raccourcir le trajet que l'on se trouvera conduit à s'écarter des grands cours d'eau.

Ces voies transversales créent le trafic plutôt qu'elles ne profitent du trafic déjà existant.

Des chemins de ce genre déjà construits depuis plusieurs années, les plus remarquables sont : en Angleterre, ceux de Londres à Brighton et à Southampton, de Newcastle à Carlisle et de Bristol à Exeter ; en Belgique, les lignes de Bruxelles à Valenciennes et de Bruxelles à Louvain, Liége et Cologne ; en France, les chemins de Paris à Orléans, Orléans à Limoges, Metz à Forbach.

Au nombre des nouvelles voies en construction aujourd'hui, il faut ranger les chemins de Blesmes à Gray et de Paris à Mulhouse.

Dans certains pays qui ne possèdent que peu ou point de navigation intérieure, comme l'Espagne, la Suisse, l'Italie, la Turquie, le principe que nous avons posé cesse de trouver son application, et le tracé des premières lignes importantes prendra de préférence la direction que suit le roulage.

Emplacement des gares extrêmes. — Parmi les questions qu'a soulevées l'étude du tracé des grandes lignes de chemins de fer, il en est une qui a donné lieu à de nombreux débats, celle de savoir jusqu'à quel point il convenait de prolonger le tracé des chemins de fer dans l'intérieur des villes pour se rapprocher de leur centre d'activité ?

C'est renoncer sans doute à une partie des avantages attachés à la construction des chemins de fer que de ne pas les prolonger jusqu'au milieu même des grands centres de population, mais dans quelle énorme dépense n'entraîne pas l'établissement d'une gare de départ dans les quartiers commerçants d'une capitale ! Nous indiquerons plus loin quelle vaste étendue de terrain cette gare doit occuper si l'on ne veut rendre l'exploitation en même temps difficile, dangereuse et dispendieuse. Ce

terrain seul et les constructions que nécessite le trajet du chemin de fer tout au travers de la cité peuvent coûter des sommes énormes.

La seule gare des voyageurs du chemin de Paris à Strasbourg, bien qu'établie dans un quartier voisin des barrières, où le terrain n'a pas encore acquis une très-grande valeur, a coûté à l'État environ 10 600 000 francs, dont 6 millions pour le terrain; 1 900 000 francs pour les terrassements et ouvrages d'art; 2 900 000 francs pour le bâtiment principal, les halles à marchandises et les remises; et, à la Compagnie, depuis l'époque où elle a pris livraison du chemin, 776 500 francs; ce qui fait pour la dépense totale d'établissement de cette gare, au 15 novembre 1854, 11 384 800 francs [1].

La portion du chemin qui joint cette gare des voyageurs à la gare des marchandises de la Villette, bien que n'ayant pas

1. Cette dépense se subdivise de la manière suivante :

DÉPENSES FAITES PAR L'ÉTAT.

Indemnités de terrains réglées par la décision du jury pour l'acquisition de 4 hectares 98 ares 75 centiares.	5 793 000 fr.
Terrassements et ouvrages d'art, murs de terrasses soutenant les terrains et rues qui entourent la gare.	1 498 000
Abaissement et reconstruction de la galerie, de l'aqueduc Saint-Laurent, pavage et trottoirs des rues publiques ouvertes ou élargies aux abords de la gare..	418 000
Construction du bâtiment principal de la gare, y compris la halle couverte..	2 171 000
Construction de deux halles à marchandises grande vitesse et de deux remises pour les locomotives et les voitures.	198 800
Nivellements, pavages et trottoirs des cours, égouts, clôtures, pavillons de gardiens, réservoirs d'eau, quais de chaises de poste, latrines, etc.	529 500
Total.	10 608 300 fr.

DÉPENSES FAITES PAR LA COMPAGNIE.

Installations diverses des bureaux et logements, etc.	266 500 fr.
Hangars divers et déplacements des hangars en tête de la	

au delà de 680 mètres de longueur, et représentant une surface de près de 3 hectares, a coûté 3 110.000 francs[1].

Quant à la gare de la Villette, elle avait coûté à l'État, au moment où il l'a livrée à la Compagnie, 5 320 000 francs[2]. Depuis cette époque, l'État a encore dépensé pour de nouveaux hangars et des ateliers de carrossiers qu'il devait fournir à la Compagnie, 867 500 fr.[3]. La Compagnie elle-même a dépensé pour différents travaux, 2 122 500 fr.[4]

Report.	266 500 fr.
halle, bureau de la douane et logement des employés, agrandissement de la salle de bagages	209 000
Nouveau bureau en surélévation	160 000
Calorifères	58 000
Éclairage au gaz	83 000
Total	776 500 fr.

1. On subdivise cette dépense comme suit :

Terrain, 2 hectares 9 ares 32 centiares	1 773 000 fr.
Terrassements et ouvrages d'art	1 337 000
Total	3 110 000 fr.

2. Cette dépense se compose des éléments suivants :

Terrain, 18 hectares 69 ares	2 662 000 fr.
Terrassements et ouvrages d'art	1 088 000
Halles à marchandises, cours et clôtures	1 000 000
Remises de locomotives, remises de wagons et ateliers de petite réparation	570 000
Total	5 320 000 fr.

3. Décomposé comme suit :

Nouvelles halles avec pavage	307 500 fr.
Carrosserie et dépendances, magasin, maison d'habitation, etc.	560 000
Total	867 500 fr.

4. Décomposés comme suit :

Fondations de plaques, etc.	2 002 000 fr.
Installations diverses et appropriations	48 000
Calorifères	5 000
Éclairage des halles et des ateliers	67 500
Total	2 122 500 fr.

En résumé, au 15 novembre 1854, la gare de Paris avait coûté, tant à l'État qu'à la Compagnie. . . 11 384 800 fr.

La partie intermédiaire	3 110 000
Celle de la Villette.	8 310 000 fr.
Les deux gares ensemble avec la portion de chemin qui les réunit.	22 804 800 fr.
Non compris les voies, plaques tournantes et changements de voies, dont on porte la valeur à.	1 400 000
Total.	24 204 800 fr.

Ces deux gares, toutes coûteuses qu'elles sont, suffiront-elles au service des chemins de Strasbourg et de Mulhouse? c'est ce qui est douteux. Déjà la Compagnie se propose de réunir ce dernier chemin à celui de Vincennes, afin de pouvoir débarquer une partie de ses voyageurs à la Bastille. Elle a acheté des terrains pour agrandir les gares de Paris et de la Villette, et elle est sur le point de commencer des travaux importants dans le but d'y rendre le service plus facile.

Pour réduire autant que possible les frais de construction des gares extrêmes, et afin d'éviter les droits d'octroi pour les marchandises, on a placé les gares de marchandises des chemins qui partent de Paris en dehors du mur d'enceinte, et les gares de voyageurs à une assez grande distance du centre de la ville.

D'un autre côté, si l'éloignement des gares est sans importance réelle pour le public lorsque la ligne est d'une grande longueur, il y a lieu de craindre que les voyageurs obligés à de longs trajets en voiture, pour parvenir aux nouvelles voies, ne leur préfèrent, pour de courtes distances, les anciennes routes.

On ne doit donc fixer définitivement l'emplacement d'une gare extrême, qu'après avoir comparé aussi bien que possible l'accroissement des dépenses provenant de son plus ou moins de proximité du centre d'une ville à l'accroissement probable des produits correspondants.

C'est en établissant ainsi la balance des dépenses et des revenus que la Compagnie du chemin de Saint-Germain a renoncé, très-sagement selon nous, au projet qu'elle avait formé de prolonger la voie jusqu'à la rue Tronchet, et celle du chemin de Versailles (rive gauche) jusqu'à la place Saint-Sulpice.

La Compagnie du chemin de Liverpool à Manchester a été conduite, par un calcul semblable, à une conclusion contraire; le chemin aboutissant à l'un des faubourgs de Liverpool, la Compagnie, au moyen de souterrains, a détaché du tronc principal trois branches, dont deux vers le port pour les marchandises, et l'autre pour les voyageurs vers le centre de la ville.

Les Compagnies anglaises en général ont fait dans ces dernières années des sacrifices considérables pour se rapprocher du centre des villes. M. de Bassompierre, dans un excellent article sur la pénétration des chemins de fer dans les villes [1], a tracé un tableau complet des travaux immenses exécutés par ces Compagnies pour atteindre le cœur même des populations.

Gares communes. — L'établissement des gares extrêmes dans une grande ville nécessitant souvent, comme nous venons de le constater, des dépenses énormes, on a été conduit à examiner si, en réunissant plusieurs chemins de fer dans une gare commune et en faisant le service sur les mêmes trottoirs et les mêmes rails, on ne réaliserait pas de grandse économies. Cette question a été agitée vivement, surtout à l'occasion du chemin de fer de Lyon, que l'on voulait faire aboutir à Paris dans la gare du chemin de fer d'Orléans; et du chemin de fer de Strasbourg, dont on a proposé de réunir la gare de Paris à celle du chemin de fer du Nord.

Il y a non-seulement une grande économie de construction à

1. *Journal des Chemins de fer*, 25 novembre 1854.

concentrer le service de deux ou plusieurs chemins de fer dans une même gare commune; il y a aussi économie notable de frais d'exploitation, car il est alors nécessaire, pour éviter la confusion, de réunir le service des différentes lignes dans les mains d'un personnel unique.

La fusion des gares extrêmes de chemins de fer est donc réellement avantageuse, toutes les fois que le service de ces différentes lignes peut se faire sur les mêmes rails et sur les mêmes trottoirs; aussi pensons-nous que le gouvernement a sagement fait en renonçant au projet d'établir à Strasbourg deux gares distinctes pour les chemins de Bâle à Strasbourg et de Paris à Strasbourg; mais doit-on regretter que la gare du chemin de Lyon n'ait pas été réunie à celle du chemin d'Orléans, et celle du chemin de Strasbourg à celle du chemin du Nord? Nous ne le croyons pas. Quand on calcule le nombre considérable de convois qui circulent sur ces grandes voies de communication, et quand on songe qu'il y a des heures de départ, pour ainsi dire forcées pour certains convois, marchant sur des lignes différentes, on reconnaît qu'il eût été impossible de faire convenablement le service du chemin de Lyon et du chemin d'Orléans, du chemin du Nord et du chemin de Strasbourg sur les mêmes rails et sur les mêmes trottoirs. De là, la nécessité d'établir des voies, des trottoirs, des salles d'attente même distinctes, desservies par un personnel spécial. La gare commune ne serait devenue alors que la réunion de deux gares contiguës et aurait perdu la majeure partie de ses avantages. Elle n'aurait conservé que celui de faciliter le passage des voyageurs et des marchandises d'un chemin sur l'autre sans transbordement, mais on évite également ce transbordement en réunissant les gares distinctes par un chemin de jonction comme on l'a fait pour les chemins qui aboutissent à Paris.

Nous ne saurions donc conseiller la communauté des gares, que pour des chemins de fer où la circulation n'a pas l'extrême activité qu'elle a prise sur nos grandes lignes.

Pentes et rayons de courbure. — Si l'économie est de rigueur dans la construction des voies de communication toutes les fois qu'elle n'en compromet pas l'avenir, elle serait au contraire fort blâmable, lorsque, pour un intérêt du moment, elle exposerait à un préjudice grave dans les temps futurs.

Ainsi, en Angleterre on a commis une grande faute dont on supporte aujourd'hui toutes les conséquences, lorsque, sans se préoccuper de l'accroissement du commerce, on a ouvert il y a une cinquantaine d'années, les canaux dans les dimensions, insuffisantes, de la petite section.

On ferait une faute semblable si l'on calculait les pentes et les rayons de courbure des chemins de fer dans la seule pensée d'établir l'équilibre entre les dépenses et les produits.

Les lignes du premier ordre étant appelées, sans aucun doute, à provoquer d'immenses développements dans l'industrie et le trafic, doivent être établies avec un certain luxe. Si l'on peut, dans quelques années, remplacer un tronç commun par une voie spéciale, il n'est pas également possible de substituer à des pentes trop fortes des pentes plus faibles, ou du moins ce n'est possible que dans certains cas particuliers. *Il faut donc dès à présent, dans le tracé des lignes principales, se résigner à quelques sacrifices pour réduire l'inclinaison des rampes et pour agrandir le rayon des courbes.*

Nous ne prétendons pas cependant imposer ici une règle absolue. Les sacrifices ont aussi leurs limites, et avec des machines suffisamment puissantes, les fortes pentes, pourvu qu'elles ne dépassent pas un maximum que nous avons indiqué p. 53, *n'exerceront pas sur les frais d'exploitation une influence à beaucoup près aussi grande que celle qu'on leur avait supposée dans l'origine.*

On ne craint pas aujourd'hui de construire même des lignes de premier ordre avec des pentes que l'on avait considérées comme entièrement inadmissibles il y a quelques années.

M. Teisserenc a publié sur l'influence des pentes un travail

fort intéressant, d'où il résulterait, qu'au-dessous d'une certaine limite, l'inclinaison des rampes sur les lignes à grande vitesse, consacrées au transport des voyageurs et des marchandises, n'augmenterait en aucune manière les frais d'exploitation, et que même elle semblerait les diminuer, puisque, en comparant la dépense de plusieurs chemins anglais, on trouve qu'elle est plus faible sur les chemins à forte pente que sur ceux à pente douce.

Le même auteur explique cette espèce de paradoxe en présentant une série de tableaux de la composition desquels il tire comme conséquence :

1° Que le poids des convois qu'il a fallu multiplier pour les besoins du commerce est presque toujours inférieur à celui que les locomotives remorquent sans grande difficulté sur les lignes à faibles pentes ; que, par conséquent, ces machines peuvent franchir aisément des pentes de 7, 8 et 9 millimètres.

2° Que, dans le cas des rampes plus fortes qui ne peuvent être gravies qu'au moyen d'un ralentissement de la marche, le temps perdu est économiquement retrouvé dans le passage sur la contre-pente dont la déclivité sert de moteur gratuit et permet d'atteindre une grande vitesse.

3° Que les cas d'affluence de voyageurs ou de marchandises, nécessitant l'adjonction de machines de renfort, sont aussi fréquents, si ce n'est plus, sur les chemins à faibles pentes que sur les autres.

4° Que, sur les chemins à fortes pentes, l'entretien de la voie coûte moins que sur ceux de niveau, parce que ceux-ci n'ont été amenés à ce point de perfection qu'au moyen de grands travaux de terrassements, remblais ou tranchées, constamment menacés par des éboulements ou des crevasses qui compromettent la sécurité des voyageurs et augmentent considérablement les frais d'entretien.

5° Enfin, que les dépenses supplémentaires des chemins à fortes pentes rendent obligatoire un système général d'économie qui agit si heureusement sur toutes les parties de leur adminis-

tration, qu'avec des recettes brutes moins élevées, ils arrivent à distribuer des dividendes plus forts.

Nous sommes bien d'accord avec M. Teisserenc en ce sens que nous pensons comme lui que l'accroissement des pentes, jusqu'aux limites qu'il indique et sur les grandes lignes où l'on transporte en même temps les voyageurs et les marchandises, n'a pas sur les frais d'exploitation une influence aussi sensible qu'on le croyait; mais nous ne saurions admettre en principe, comme il le fait, que cette influence est absolument nulle, et bien moins encore, que la dépense diminue lorsque les pentes augmentent.

Et d'abord, remarquons que ce qui peut être vrai pour l'Angleterre ne l'est pas pour la France. Si, en Angleterre, les besoins du commerce ont obligé de multiplier les convois de voyageurs à tel point que la force des locomotives est plus que suffisante pour remonter sans ralentissement des pentes de 7, 8 et 9 millimètres, il n'en est pas de même en France.

Ainsi, d'après M. Teisserenc, la charge moyenne d'un convoi de voyageurs est :

Sur les chemins anglais, de	55 tonnes.
Sur les chemins français, de . . .	75 »
Sur les chemins allemands, de . .	100 »

Dira-t-on que, pour traîner les lourds convois, on emploiera de plus fortes machines? Ces machines seront plus lourdes, elles fatigueront davantage la voie et consommeront plus de combustible. L'accroissement de la dépense ne sera pas proportionnel à leur poids, mais il s'en faudra qu'il soit nul[1].

Même observation si l'on se sert des machines à détente variable, généralement usitées aujourd'hui. Quand ces machines remorquent de lourds convois sur de fortes pentes, elles détendent peu et rentrent dès lors dans les conditions de marche des anciennes machines. Elles ne peuvent donc développer le travail

1. Voir la note sur les frais de traction du chemin de Reims, p. 186.

nécessaire pendant un temps un peu considérable, qu'à la condition d'être munies de chaudières très-grandes et par conséquent très-lourdes.

Ajoutons que si la charge des convois est variable, il vaut mieux employer des machines moins lourdes et y adjoindre des machines de renfort en cas de surcharge.

S'il faut se défier des théories qui ne s'appuient pas sur des faits, il faut également n'admettre qu'avec une grande réserve les conséquences que l'on prétend tirer de données statistiques toujours plus ou moins imparfaites et sujettes à des interprétations diverses. Les différents chemins que M. Teisserenc a cités dans ses tableaux ne sont pas dans les mêmes conditions, et il est probable que si on pouvait se procurer le compte détaillé de leurs frais d'exploitation et qu'on les comparât soigneusement, on parviendrait à expliquer, autrement qu'il ne l'a fait, l'anomalie qui paraît exister dans les frais de locomotion sur les chemins à faibles ou à fortes pentes. Nous ne nous livrerons pas cependant à des investigations qui nous présenteraient des difficultés probablement insurmontables.

Les données suivantes fournies par la comptabilité des chemins de fer de Strasbourg et d'Orléans nous conduiront d'une manière plus sûre à déterminer l'influence des pentes sur la dépense de traction.

Sur le chemin de Strasbourg on rencontre, entre Bar-le-Duc et Commercy, deux rampes de 8 millimètres inclinées en sens contraire; la première, en partant de Paris, a 10 250 mètres de longueur, et l'autre 9840 mètres.

Les convois, lorsqu'ils sont trop lourds pour être remorqués au passage de ces rampes par une seule locomotive, sont aidés par des machines de renfort toujours allumées, les unes stationnant dans le dépôt de Bar-le-Duc à 12 kilomètres du pied de la première, et les autres dans celui de Lérouville placé au pied de la seconde. La dépense totale qu'entraîne l'usage de ces machines est de 140 000 fr.; le surcroît de dépense pour l'entretien, la police et le renouvellement des voies est d'envi-

ron 20 000 fr.[1]. La dépense supplémentaire totale est donc de 160 000 fr.

Le nombre de kilomètres parcourus par les convois qui font usage de machines de renfort est d'environ 47 000 kilomètres sur chacune des rampes, soit sur les deux rampes 94 000 kilomètres. La dépense supplémentaire occasionnée par les plans inclinés est donc par kilomètre de 160 000 fr. divisés par 94 000, c'est-à-dire 1 fr. 70.

Les frais de traction et d'entretien de la voie pour un convoi sur les pentes ordinaires maxima de 5 millimètres étant d'environ 1 fr. 20 cent. par kilomètre, ces mêmes frais se trouvent ainsi plus que doublés au passage des plans inclinés.

Toutefois si la longueur des rampes était plus grande, les mêmes machines de renfort, pourvu que cette longueur ne dépassât pas certaines limites, suffiraient pour en faire le service.

Au chemin de Strasbourg, le dépôt de Lérouville ou un dépôt voisin à Commercy eût été nécessaire, lors même que les rampes n'eussent pas existé. On peut en dire autant du dépôt de Bar-le-Duc. Nous n'avons en conséquence compris, dans la dépense supplémentaire, ni l'intérêt du capital des dépôts, ni le traitement des chefs de dépôt.

Sur le chemin d'Orléans, au contraire, d'après M. Polonceau, ingénieur en chef du matériel de ce chemin, on a été forcé d'établir un dépôt spécial pour le service de la rampe d'Étampes, en sorte qu'ayant égard à cette circonstance et observant que la fréquence des convois sur le chemin d'Orléans exige la présence de trois machines dans le dépôt d'Étampes, au lieu de deux qui suffisent dans les dépôts du chemin de Strasbourg, on trouve que le supplément de dépense occasionné sur le chemin d'Or-

1. Les frais d'entretien et de police de la voie sur de faibles pentes, étant de 2500 francs par kilomètre, nous avons supposé un accroissement de 20 pour 100, soit de 500 francs sur les rampes de 8 millimètres. A ces 500 francs, il faut en ajouter autant pour augmentation des frais de renouvellement de matériel fixe, ce qui fait en tout 1000 francs par kilomètre de dépense supplémentaire applicable au service de la voie et 20 000 francs environ pour les deux rampes.

léans par la seule rampe d'Étampes est, pour la traction seulement, de 132 000 fr., ce qui diffère peu de celle que nécessite le passage des deux rampes en sens contraire du chemin de Strasbourg.

A ce surcroît de dépense il faudrait encore ajouter l'accroissement des frais d'entretien, de police et de renouvellement des voies.

Sur le chemin d'Épernay à Reims on trouve aussi deux rampes de 9 millimètres inclinées en sens contraire, longues de 19 000 mètres; la première, du côté d'Épernay, d'environ 11 000 mètres de longueur, et l'autre, du côté de Reims, d'environ 8000 mètres. L'existence de ces deux rampes entraîne un accroissement de frais de 80 000 fr. au moins qui pèse lourdement sur l'exploitation du chemin de Reims[1].

1. Calcul du supplément de dépenses qu'exige le profil de la ligne de Reims :

Supposons que le service normal de cette ligne se compose de :

4 trains de voyageurs par jour dans chaque sens, soit 8 trains à 30 kilomètres, 240 kilomètres ;

3 trains de marchandises dans chaque sens, soit 6 trains à 30 kilomètres, 180 kilomètres.

1° Les trains de voyageurs, au lieu d'être remorqués par une machine ordinaire à roues libres, doivent l'être par des machines mixtes qui consomment 2 kilogrammes de coke de plus, par kilomètre, à 0f,04 le kilogramme, c'est. 0f,08

L'entretien de machines mixtes est plus coûteux ; l'usure des bandages plus grande, etc., etc., soit pour cet article un supplément de. 0f,05

Total. 0f,13

soit par jour pour les 240 kilomètres de trains de voyageurs, 31 fr. 20 c.

2° Les machines à marchandises ne remorquent, sur l'embranchement de Reims, que la moitié de la charge qu'elles traînent sur la ligne principale. Donc, sur cette dernière, un trafic égal à celui de la ligne de Reims n'exigerait qu'un parcours kilométrique moitié moindre et par conséquent une dépense aussi moitié moindre. Les frais de traction et d'entretien du matériel sont, par kilomètre de trains à marchandises, d'au moins 1 fr. 10 cent., et pour 180 kilomètres de 198 francs dont la moitié est de 99 francs. On peut donc admettre que l'excédant de dépense est de. . . . . 99 fr. « c.

et encore ne tenons-nous pas compte du surcroît de frais qu'occasionne un personnel de conducteurs de trains et gardes-freins plus considérable.

En résumé, on a par jour excédant pour le service des voyageurs. 31 20

des marchandises. 99

Total. . . . . 130 fr. 20 c.

De ces données on peut conclure :

1° Que, sur un chemin dont la pente, dans une grande partie de la longueur, serait de 8 millimètres et au delà, et dont les convois, généralement chargés à la remonte, nécessiteraient l'emploi fréquent d'une machine de renfort, ou celui d'une machine très-puissante, tel par exemple que le chemin projeté de Thionville à Arlon, ou le chemin d'Épernay à Reims, les frais de traction seraient notablement plus élevés que sur un chemin à faible pente.

2° Que sur un chemin également incliné, mais où les convois remontants seraient le plus souvent faiblement chargés, comme par exemple sur les deux chemins de Versailles, l'influence de la pente sur la dépense serait peu sensible.

3° Que les frais de traction seraient aussi moins élevés si, comme au chemin de Saint-Étienne à Lyon et sur la plupart des chemins destinés au transport de la houille, les convois de marchandises chargés marchaient presque exclusivement à la descente.

4° Qu'il faut chercher à concentrer les rampes d'une certaine inclinaison sur un certain point en leur donnant une grande longueur plutôt que de les multiplier en les raccourcissant.

5° Qu'il faut autant que possible placer l'origine des fortes rampes en un point où le service de la ligne nécessiterait un dépôt, lors même que les pentes dans le voisinage seraient faibles[1].

et pour l'année	47 450 fr. »
A cela il faut ajouter :	
1° L'intérêt et l'amortissement du capital d'acquisition de 2 machines et de 2 tenders environ en plus, qu'exige un service par petits trains, soit.	14 500
L'accroissement des frais d'entretien, police et renouvellement de la voie, estimé à 1000 francs par kilomètre, soit pour 19 kilomètres de rampe.	19 000
Total.	80 950 fr.

1. Dans un premier projet étudié pour l'établissement d'un chemin de fer de Nancy à Épinal, on avait admis plusieurs rampes de 10 à 12 millimètres placées à une certaine distance les unes des autres et dont chacune aurait nécessité la construction d'un dépôt spécial. Dans un nouveau projet soumis à l'approbation

6° Que l'accroissement des frais de traction résultant du passage de rampes de 8 à 10 millimètres d'une certaine longueur sur un chemin comme celui de Strasbourg où la totalité des frais de traction s'élève déjà en ce moment à 6 000 000 de francs est insignifiante.

7° Que l'adoption de ces rampes sur le chemin de Strasbourg est suffisamment motivée par la dépense excessive qu'il eût fallu faire pour réduire l'inclinaison à 5 millimètres, dépense qui eût de beaucoup dépassé le capital dont l'intérêt égale l'accroissement ci-dessus indiqué des frais de traction.

M. Teisserenc peut alléguer sans doute à l'appui de son opinion que, pour les grandes vitesses, la résistance qu'oppose l'air à la marche des convois, absorbe une partie considérable du travail développé par les moteurs. Il aurait raison d'affirmer que les trains de voyageurs pourront être remorqués sur de fortes rampes par des machines de puissance ordinaire moyennant un ralentissement convenable. Mais ce fait cesse d'être vrai pour les convois de marchandises marchant à une vitesse moyenne de 7 mètres par seconde.

Dans ces conditions, la résistance de l'air n'est plus qu'une fraction peu importante de l'effort de traction total; il en résulte que, malgré une diminution notable de vitesse, la résistance totale du convoi croît très-rapidement avec l'inclinaison de la voie.

Or, il est reconnu que le transport des marchandises n'est réellement avantageux que s'il se fait à charges complètes.

Il devient donc évident que les convois de marchandises auront besoin, sur les parties les plus inclinées de la voie, de tout le travail que peut développer la machine et qu'ils ne pourront franchir les fortes rampes qu'à l'aide de machines de renfort.

M. Lechatelier professe une opinion semblable à la nôtre sur

de l'administration supérieure, toutes ces rampes ont été concentrées sur un seul point voisin du point de bifurcation de la ligne d'Épinal avec la ligne principale de Paris à Strasbourg, point de bifurcation placé à Blainville où il existe déjà un dépôt indispensable pour le service de la grande ligne.

l'influence des pentes en ce qui concerne les frais d'exploitation ; voici les termes dans lesquels il s'exprime dans son ouvrage sur les chemins de fer d'Allemagne :

« Les fortes pentes sont nécessairement une source de dépenses pour l'exploitation des chemins de fer. On ne doit évidemment les admettre dans un tracé qu'autant que les frais de travaux d'art et de terrassement nécessaires pour les éviter sont beaucoup plus considérables que le capital correspondant à l'augmentation des frais d'exploitation prévus. Il ne suffit pas que les charges imposées à la traction paraissent être sensiblement inférieures à l'intérêt du capital excédant, qui serait déboursé pour éviter ces pentes ; il faut tenir compte aussi du développement progressif des chemins de fer, de l'importance inappréciable aujourd'hui que prendra leur trafic dans un certain nombre d'années, et ne sacrifier l'exploitation qu'en présence d'économies considérables à réaliser sur la construction. »

M. le comte Daru, dans son rapport à la chambre des Pairs, sur le chemin de fer du Nord, a également combattu l'opinion de M. Teisserenc.

« Les chemins à fortes pentes, dit-il, n'ont pas, ainsi qu'on l'a prétendu, une supériorité économique sur les chemins à faibles pentes, loin de là. Cette thèse soutenue récemment n'est pas vraie. Les exemples sur lesquels on s'est appuyé pour essayer de la faire prévaloir n'ont rien de démonstratif. On ne peut pas en effet comparer les chemins d'Angleterre à plans inclinés, établis et exploités avec la plus grande économie, parce que ce sont justement ceux où la circulation est la plus faible, avec ces grandes lignes, dont la construction a exigé des capitaux énormes, qui ont un mouvement immense de voyageurs, perçoivent de hauts tarifs et sont administrées dans un esprit et dans des conditions absolument différents. Sur ces voies on n'épargne ni dépenses de commodité, ni même dépenses de luxe pour satisfaire le public. Souvent il arrive que pour diminuer les chances d'un faible retard, on double le mo-

teur strictement nécessaire à la traction du convoi. De là des augmentations de frais; de là aussi il résulte que les deux appareils locomoteurs, les deux mécanismes, ne sont nullement comparables. Ils portent le même nom, mais ils ne se ressemblent pas.

« La vérité est qu'une augmentation dans les pentes n'accroît pas autant qu'on se l'est imaginé dans le principe la dépense de traction. Ces prévisions théoriques ne sont pas dans cette matière plus que dans beaucoup d'autres réalisées par l'expérience. On peut en roidissant les inclinaisons, obtenir une diminution sensible dans les frais de premier établissement, sans nuire à un bon service. Il peut donc y avoir avantage à le faire; mais l'exploitation se trouve par suite grevée d'une charge additionnelle, certaine, inévitable. »

M. Couche, enfin, exprime son opinion sur l'admission des fortes pentes dans les termes suivants : « Loin de modifier les idées reçues sur l'influence des rampes en général, l'expérience n'a fait que confirmer les inconvénients qu'elles entraînent, même sous une faible inclinaison, dès que leur longueur exige l'établissement d'une vitesse uniforme. Très-courtes même, elles constituent une charge réelle pour l'exploitation quand elles coïncident avec des courbes prononcées, quand une station principale est placée à leur pied, etc., etc.... Dans tous les cas enfin elles affectent bien plus gravement le service des marchandises que celui des voyageurs. Les sacrifices faits à l'abaissement de la limite des rampes sont donc fondés dans des circonstances ordinaires, c'est-à-dire quand on peut, à ce prix, éviter des conditions spéciales pour la traction.

« Mais il en est tout autrement dans les cas extrêmes où il faut, quoi qu'on fasse, accepter des inclinaisons exceptionnelles.

« Aujourd'hui les locomotives laissent à cet égard aux ingénieurs une grande latitude dont ils devront user largement.

« Les rampes très-inclinées, telles que celles du Sœmmering,

dont l'inclinaison est de 0 025, ne doivent toutefois, dit M. Couche[1], être admises qu'à la dernière extrémité et quand il faut recourir à tous les moyens pour frayer un passage au chemin de fer. »

Après avoir cité les ouvrages de MM. Teisserenc, Lechatelier, Daru et Couche sur l'influence des pentes, nous devons appeler aussi l'attention de nos lecteurs sur une publication de M. Minard, publication qui a porté de vives lumières sur cette question dans un moment où elle était encore très-obscure pour un grand nombre d'ingénieurs.

Nous nous sommes longuement étendus sur la question de l'influence des pentes sur la dépense d'exploitation, parce qu'elle est grave, qu'elle a été fort controversée et que d'ailleurs l'opinion d'un écrivain aussi habile que M. Teisserenc ne devait pas être rejetée sans une discussion approfondie.

Nous n'avons pas examiné jusqu'à quel point l'adoption du système Arnoux pourrait influer sur le choix des tracés, attendu que nous nous réservons d'exprimer notre opinion à cet égard en traitant plus spécialement des nouveaux systèmes de locomotion.

S'il est essentiel de régler convenablement l'inclinaison des rampes sur un chemin de fer, leur mode de répartition n'est pas non plus sans importance.

Nous avons déjà établi qu'il fallait autant que possible concentrer les rampes sur un même point et dans le voisinage d'un dépôt de machines; nous ajouterons que *les pentes variées, même d'une assez faible inclinaison, sont peu favorables à l'emploi des machines locomotives;* car si les pentes et les contrepentes ne se succèdent pas de manière à ce que les machines puissent remonter les rampes au moyen de la vitesse acquise sur les pentes descendantes qui les précèdent, on ne peut leur faire remorquer que la charge compatible avec leur adhérence et leur force sur les pentes les plus roides. Si, au contraire, les rampes sont assez

1. Annales des mines.

courtes pour que l'ascension puisse avoir lieu sans un accroissement de force et sans ralentissement notable, les machines lancées avec toute leur puissance à la descente souffrent beaucoup de la vitesse excessive qu'elles acquièrent par moments. Cette dernière observation est également applicable au mode de tracé proposé par un ingénieur écossais et qui consisterait à diviser le profil en parties de niveau et en plans inclinés de petite longueur, en sorte que les machines puissent remonter les plans inclinés au moyen de la vitesse acquise sur les paliers. En outre, si les machines ainsi lancées sur les paliers venaient à rencontrer un obstacle qui en diminuerait un instant la vitesse, on ne pourrait les ramener à l'extrémité du palier pour les lancer de nouveau.

Cette raison seule suffirait pour faire rejeter ce profil lors même qu'on n'y serait pas conduit par d'autres considérations théoriques.

Si, toutefois, la raison d'économie devant laquelle le principe technique des pentes uniformes doit aussi plier, oblige à préférer une pente variée, il faut diviser, autant que possible, les lignes en parties sur lesquelles l'effort varierait du simple au double, ou à peu près.

Lorsque au lieu de machines on emploie des chevaux pour le hâlage, les pentes variées, convenablement disposées, sont préférées aux pentes uniformes. Le cheval se fatigue moins d'un effort varié que d'un effort constant. Il n'est personne, ayant l'habitude de voyager à pied, qui n'ait reconnu que l'homme, ainsi que le cheval, se fatigue moins en parcourant une même distance sur un sol accidenté que sur un terrain parfaitement uni.

Une inclinaison très-avantageuse est celle pour laquelle l'effort du moteur est le même dans les deux sens, eu égard à la différence du chargement à la descente et à la remonte.

Tout ce que nous avons dit de l'influence qu'exercent les fortes pentes sur la dépense d'exploitation, nous pourrions le répéter pour les courbes de petit rayon.

Sous le rapport de l'économie de premier établissement, les courbes de petit rayon sont avantageuses, puisqu'elles permettent de tourner les difficultés au lieu de les vaincre au moyen de grands travaux d'art et de terrassement; mais elles exercent sur les frais de traction la même influence que les fortes pentes, elles forcent à réduire la vitesse des trains.

Ainsi, sur le Great-Northern railway, en Angleterre, dont le tracé est presque rectiligne, les trains express marchent à une vitesse de 75 à 76 kilomètres par heure. Sur le chemin de Londres à Birmingham, où les courbes sont de grand rayon, à la vitesse de 71 à 72 kilomètres. Sur le chemin de Birmingham à Gloucester, où les courbes sont de petit rayon, la vitesse des trains les plus rapides, dans les parties où se trouvent ces courbes, ne dépasse pas 50 kilomètres, et sur celui de Newcastle à Carlisle, 45 à 48 kilomètres.

Sur nos grandes lignes françaises de l'Est, de Lyon et de Rouen, la vitesse de marche des trains express est de 60 à 66 kilomètres, et sur le chemin du Nord de 70 à 75 kilomètres. Sur le chemin d'Orléans, elle est plus faible, mais cela ne tient pas au tracé du chemin. Sur le chemin de Saint-Étienne à Lyon, où le rayon des courbes est généralement de 500 mètres, la vitesse maximum des trains en marche remorqués par des locomotives à la remonte entre Givors et Rive-de-Gier est de 42 kilomètres.

Sur les chemins allemands dont le tracé est très-tourmenté, la plus grande vitesse des trains de voyageurs en marche est de 45 à 50 kilomètres.

Il est enfin un élément des frais d'exploitation sur lequel les courbes de petit rayon agissent d'une manière très-fâcheuse, ce sont les frais d'entretien du matériel et de la voie.

En effet, le frottement des rebords des roues contre les rails et celui qui résulte du glissement des roues sur ces rails donnent lieu à une usure rapide des surfaces frottantes, aussi bien que celui que produit l'emploi des freins à la descente sur les fortes pentes.

Le tracé des embranchements n'exige pas la perfection que réclame celui des lignes principales.

Longtemps, en France, l'administration des ponts et chaussées s'est montrée d'une sévérité outrée lorsqu'il s'agissait de l'approbation des tracés qui lui étaient soumis par les Compagnies, mais elle n'avait pas encore construit de chemins de fer elle-même; éclairée aujourd'hui par sa propre expérience, elle est devenue beaucoup moins exigeante, et s'est même occupée tout dernièrement de l'étude d'un système de construction économique pour les embranchements.

Les embranchements sont une source de prospérité pour les grandes lignes; ce sont des rameaux qui fécondent le tronc. *Une des conditions auxquelles doit satisfaire le tracé de tout chemin destiné à unir de grands centres de population est donc de se prêter aisément à l'établissement de lignes secondaires.*

Les anciennes chambres appelées à se prononcer sur deux tracés proposés pour un chemin de fer entre Belfort et Besançon, l'un par la vallée du Doubs, l'autre par celle de l'Ognon, avaient opté pour ce dernier, en grande partie parce qu'il offrait pour la création d'embranchements plus de facilité que le premier.

Les voyageurs ne recherchent pas seulement, dans les chemins de fer, la rapidité et l'économie des transports, ils veulent aussi voyager sûrement. Il est par conséquent du devoir du Gouvernement de prescrire aux Compagnies, dans le tracé des chemins de fer, certaines règles qui en rendent le parcours le moins dangereux possible; il est aussi de l'intérêt des Compagnies de ne jamais oublier que la sûreté est, aussi bien que l'économie des transports, une des principales conditions d'un bon tracé.

L'administration s'est montrée souvent trop facile pour admettre les tranchées ou les souterrains courbes, surtout aux abords des stations. Rien n'est plus dangereux. Plusieurs accidents, celui de Bonnières, par exemple, sur le chemin de Rouen, le prouvent assez. Il importe que les convois puissent

être aperçus d'une certaine distance, et cette condition n'est remplie que sur des parties rectilignes, ou lorsque les courbes sont en remblai. Il n'est pas toujours possible d'éviter une tranchée ou un souterrain courbe, mais encore faut-il les multiplier le moins possible, et quand ils deviennent absolument nécessaires, en éloigner les stations et les faire précéder ou suivre par de longs alignements.

Les courbes de trop petit rayon, non-seulement augmentent les frais d'exploitation, mais encore deviennent une cause d'accidents.

On s'effraye également des fortes pentes sur lesquelles on suppose qu'il est impossible de contenir les convois. Ces pentes ne sont certainement pas sans quelque danger, mais on en calculait mal les effets, lorsqu'on proscrivait les pentes dépassant cinq millièmes comme exposant, à la descente, les voyageurs à de nombreux accidents.

Il est reconnu aujourd'hui que sur une pente de un centième en ligne droite, la résistance de l'air devient telle, à la vitesse de 60 *à* 70 *kilomètres par heure, que les convois abandonnés à eux-mêmes ne peuvent la dépasser, et que sur les plus fortes pentes en usage, les freins, et les machines locomotives agissant elles-mêmes comme les freins les plus puissants lorsqu'on renverse la vapeur, peuvent toujours arrêter les convois.*

Ce ne sera donc que si par hasard un ou plusieurs wagons en stationnement se trouvaient poussés par une cause quelconque, telle que le vent, sur de fortes pentes, ou enfin si une partie du convoi s'en séparait par suite de la rupture des chaînes d'attelage, qu'il pourrait résulter des accidents provenant de la trop grande inclinaison de la voie. La descente des plans inclinés du chemin de Stuttgard à Ulm se fait, sur la pente de vingt-deux millièmes, avec sécurité, sans vapeur, les freins serrés et à de très-faibles vitesses.

Une autre cause d'accident très-redoutable à laquelle on ne paraît pas attacher toute l'importance qu'elle mérite, c'est la multiplicité des passages à niveau.

Passages à niveau. — *Les passages à niveau, quand sur des alignements ou sur des courbes en remblais on peut les apercevoir de loin, ne sont pas dangereux, mais il en est tout autrement s'ils se trouvent à l'extrémité de tranchées ou de souterrains courbes.* Ainsi, sur le chemin de Versailles, rive gauche, l'administration, pressée par les sollicitations de la Compagnie qui avait épuisé ses capitaux, a toléré plusieurs passages à niveau qui, placés dans ces dernières conditions, ont failli déjà occasionner des accidents.

Les réclamations des Compagnies, lorsqu'il s'agit de passages à niveau, sont d'autant moins fondées qu'en général, l'intérêt du capital qu'exige un pont remplaçant un passage de niveau, ne dépasse pas le traitement d'un garde-barrière. L'administration ne devrait donc y céder que lorsque la nature du terrain ne permet l'établissement d'un pont qu'au prix de dépenses exorbitantes.

Il faut aussi éviter de placer des passages à niveau à l'extrémité des gares.

Sur le chemin de Strasbourg, à l'entrée de la gare de Vitry, on en a établi un qui présente de très-graves inconvénients. Avant la construction récente d'une grue hydraulique spéciale pour les trains de marchandises, toutes les manœuvres se faisaient sur ce passage à niveau et les barrières restaient souvent fermées pendant un si long espace de temps qu'il a été constaté, dans une enquête, faite à ce sujet, qu'au passage de ces trains qui se suivent de très-près la circulation se trouvait interdite pendant près de deux heures, et que cent voitures ont dû stationner une partie de ce temps. Aujourd'hui la manœuvre est un peu moins gênante pour la circulation sur la route, mais elle n'en donne pas moins lieu à des temps d'arrêt très-fâcheux.

On eût évité ce passage à niveau en construisant un viaduc, ou préférablement, en reculant la gare de 160 mètres environ. Sur le même chemin on trouve des passages à niveau placés également à l'entrée des gares, à Lagny et à Bar-le-Duc.

Gares de rebroussement. — Les points de rebroussement dans les gares, sans présenter les mêmes dangers que les passages à niveau mal placés, peuvent aussi, en compliquant le service, devenir l'occasion d'accidents plus ou moins graves. Ils ont d'ailleurs pour conséquence une perte de temps, et, par suite, une perte d'argent. Ils changent la position des wagons dans les convois, de telle façon que les voyageurs ou les marchandises qui étaient placés en tête se trouvent placés en queue. Cette espèce de renversement des trains est désagréable pour les voyageurs et dangereux pour les marchandises. On a vu, sur le chemin du Nord, un wagon chargé de chiffons, qui, passant de la queue à la tête du convoi, a été incendié par la machine. Les rebroussements enfin, en allongeant le parcours, augmentent le péage.

Il ne faut donc recourir, dans les tracés, aux rebroussements que dans quelques cas particuliers où ils deviennent indispensables pour se rapprocher du centre des villes, et encore est-il nécessaire, dans ce cas, d'établir des courbes de raccordements pour éviter aux convois directs de pénétrer dans la station où ils seraient obligés de rebrousser.

Sur les chemins de fer français, il existe cependant plusieurs gares à points de rebroussement, celles : d'Orléans, de Tours, d'Amiens, de Douai, de Lille, de Valencienne et de Metz.

« Dans le tracé des chemins de fer allemands, dit M. Lechatelier, on ne s'est pas assez préoccupé des inconvénients que présentent les stations récurrentes. Cela tient en partie à ce qu'en Allemagne la plupart des lignes ont été projetées ou exécutées isolément et sans vues d'ensemble. Il est possible même que, dans quelques endroits, on se soit proposé, dans un intérêt mesquin de localité, de gêner le passage des voyageurs pour les retenir et prélever sur eux des impôts de séjour et de consommation.

« On doit en France, où l'exécution des chemins de fer est favorisée par un élément qui manque partout ailleurs, la cen-

tralisation, éviter tout ce qui peut faire obstacle à la circulation rapide d'une extrémité à l'autre du territoire. On tend maintenant à abréger la durée du trajet sur les chemins de fer; c'est en diminuant la durée des arrêts qu'on y parviendra sans inconvénient et sans courir les risques d'une vitesse exagérée. »

Souterrains. — *Le passage des souterrains n'est pas, comme on l'a prétendu, nuisible à la santé des voyageurs;* il convient cependant de réduire autant que possible le nombre et la longueur des tunnels, non-seulement par raison d'économie, mais encore pour l'agrément des voyageurs et dans le but de diminuer les chances d'accidents. La configuration du terrain force assez souvent d'en percer de très-longs. Il est important qu'ils soient autant que possible rectilignes.

Les fortes pentes sont plus nuisibles dans les souterrains que dans toute autre partie du chemin. L'humidité empêchant la boue qui imprègne les rails de sécher, l'ascension de fortes pentes y devient très-pénible. Il faut donc s'appliquer à les éviter plus encore sous les tunnels qu'à ciel ouvert.

Compensation des déblais. — *Dans le tracé des routes de terre on cherche ordinairement à compenser les déblais par les remblais. Plusieurs ingénieurs ont cru devoir, à tort, étendre cette règle au tracé des chemins de fer.*

Sans doute, lorsque le volume des déblais dépasse celui des remblais, on est forcé de déposer l'excédant des terres extraites des tranchées, et, si ce volume lui est inférieur, d'emprunter les terres qui manquent pour compléter les remblais. De là des extractions ou des mouvements de terre souvent coûteux dont on se fût dispensé en compensant les déblais par les remblais. Mais si, pour éviter ces terrassements et ces manœuvres, l'ingénieur s'est attaché à établir cette compensation, il peut en résulter la nécessité d'ouvrir de très-grandes tranchées dont l'exécution est toujours longue et difficile, s'il faut en porter toutes les terres sur l'axe du chemin, ou des tranchées dans des ter-

rains glaiseux qui ne fournissent que de très-mauvais produits pour la confection des remblais adjacents. Dans le premier cas, l'économie n'est qu'apparente, car elle est plus que compensée par les pertes d'intérêts qui sont la conséquence d'un accroissement de durée des travaux, et qui, pour un chemin de fer, peuvent être énormes. Dans le second, la dépense peut dépasser de beaucoup les prévisions. En fût-il autrement d'ailleurs, le danger des éboulements auxquels on est exposé de la part des talus glaiseux de la tranchée ou des remblais en mauvaise terre est bien plus redoutable pour un chemin de fer que pour une route.

Il faut, par conséquent, détourner souvent le tracé d'un chemin de fer pour éviter certains terrains difficiles, ou recourir aux dépôts et aux emprunts.

Influence du vent et des neiges. — On a été conduit, en étudiant le chemin de Trieste à Venise, à reconnaître qu'un certain tracé, qui d'abord avait obtenu la préférence, laissait les trains exposés, pendant la plus grande partie de leur trajet, à des vents dont la violence et la continuité seraient un obstacle très-grave pour le service, et on a renoncé à ce tracé.

Il importe donc, en étudiant le tracé des chemins de fer, de se rendre compte de l'action que les vents pourraient avoir sur la marche des convois.

Il faut aussi, dans les pays de montagnes surtout, diriger les tracés de manière à se préserver, autant que possible, des amas de neige.

Conditions stratégiques. — Le tracé d'un chemin de fer répondrait-il aux besoins du commerce et offrirait-il aux voyageurs toute la sûreté possible, cela ne suffirait pas encore ; il faut aussi qu'il soit habilement combiné pour la défense du pays.

On divise en général les voies de fer stratégiques en voies parallèles à la frontière et voies perpendiculaires.

Il est essentiel que les voies parallèles, surtout si elles sont voisines de la frontière, soient protégées par un obstacle naturel

quelconque, tel qu'un grand fleuve ou un rempart de hautes montagnes.

Les voies stratégiques, destinées à porter rapidement les troupes à de grandes distances, doivent être le plus directes possible. Elles n'ont, au point de vue militaire, que les places fortes pour stations. Elles doivent être tracées de manière à ne fournir à l'ennemi, aux abords de ces places, aucun abri soit dans les tranchées, soit dans les remblais, contre le feu des batteries. Les lignes qui peuvent être *enfilées* par le feu de la défense sont considérées comme bien préférables à celles qui ne peuvent être battues que transversalement.

On doit aussi éviter, aux abords des places fortes, les tranchées qui peuvent donner écoulement aux eaux de l'inondation, et tout ouvrage d'art difficile à détruire et qui pourrait livrer passage aux assaillants. Quelquefois on loge le chemin de fer dans les fossés de la place (Belfort).

OPÉRATIONS CONSTITUANT L'ÉTUDE PROPREMENT DITE.

Après ces considérations générales sur le tracé des chemins, de fer passons aux opérations qui en constituent l'étude proprement dite.

Cette étude n'est plus, en France du moins, exclusivement abandonnée aux ingénieurs. Le Gouvernement, représenté par le conseil d'État et par une commission consultative composée d'hommes distingués, choisis dans toutes les branches de la haute administration, en prend aussi sa part. Il étudie le tracé au point de vue de la politique et de la défense du pays; les ingénieurs ou les Compagnies l'étudient au point de vue de la spéculation. La tâche des Compagnies se trouve donc ainsi simplifiée, car le Gouvernement les renferme dans un cercle d'où il ne leur est pas permis de sortir. Il limite le nombre des directions sur lesquelles les Compagnies peuvent arrêter leur choix. Quelquefois même, il prescrit celle qu'il considère comme étant la seule à laquelle il puisse donner son ap-

probation, ou il la fait étudier par ses propres ingénieurs. Les projets de tracés fournis par les Compagnies ne peuvent d'ailleurs être mis à exécution, qu'après avoir été soumis successivement à l'examen du conseil des ponts et chaussées, du comité du génie et de la commission consultative, qui les rectifient s'il y a lieu, dans l'intérêt des localités et de la défense du pays.

Les Compagnies, ainsi débarrassées du soin de sauvegarder les intérêts généraux, n'ont qu'à rechercher le tracé le plus avantageux financièrement parlant, en sorte que la question peut se poser pour leurs ingénieurs à peu près en ces termes : Quel est le tracé qui, eu égard à la dépense et aux revenus, procurera, dans un certain temps, les plus grands bénéfices.

C'est en nous plaçant à ce point de vue que nous allons essayer d'y répondre.

Nous appelons bénéfice la différence entre le revenu et les frais d'exploitation, en comprenant dans ces frais d'exploitation non-seulement les dépenses de traction immédiate, d'entretien du chemin et les frais généraux, mais encore l'intérêt du capital engagé dans la construction. Les revenus se composent des taxes prélevées sur les voyageurs et sur les marchandises transportés par le chemin, taxes qui sont ordinairement perçues à raison de tant par voyageur ou par tonne de marchandises transportés à un kilomètre. Le meilleur tracé sera donc, pour une même circulation et une même longueur de parcours, celui pour lequel les frais d'exploitation par voyageur ou par tonne de marchandises et par kilomètre, y compris l'intérêt des capitaux et dépenses d'entretien, seront un minimum.

Mais, dès qu'on aborde le calcul de ces frais, on ne peut manquer de faire une observation importante, c'est que la dépense d'exploitation calculée pour une certaine unité, tonne de marchandises, ou voyageur, se divise en deux parties distinctes : l'une, qui diminuant lorsque la quantité totale de voya-

geurs ou de marchandises augmente, comprend les intérêts, l'amortissement du capital, et les frais d'administration, entretien, etc., etc. La seconde, qui tout à fait indépendante de cette quantité, se compose des frais de traction immédiate. Or généralement, lorsque, pour améliorer le chemin, on augmente le capital engagé dans la construction, les frais de traction diminuent et les frais d'entretien peuvent, suivant les circonstances, diminuer, augmenter ou rester stationnaires. Si donc, dans ce cas, la diminution opérée par l'amélioration du chemin sur les frais de traction et sur les frais d'entretien, pour chaque tonne de marchandises ou pour chaque voyageur, excède la portion d'intérêt et d'amortissement du nouveau capital dont cette amélioration grèvera le transport de la tonne ou du voyageur, il est clair que la somme des frais d'exploitation sera réduite, et que par conséquent l'amélioration sera motivée.

Mais la diminution sur les frais de traction produite par des améliorations dans le tracé sera indépendante de la circulation sur la route, les intérêts au contraire et l'amortissement du nouveau capital, par unité transportée, deviendront d'autant plus faibles, que la circulation sera plus active. Nous arrivons ainsi à poser ce principe que nous avons déjà indiqué dès le commencement de ce chapitre :

Le tracé le plus parfait au point de vue technique n'est pas toujours le plus convenable. Il n'est généralement avantageux d'améliorer un chemin de fer et même une voie de communication quelconque, ou en d'autres termes, d'adopter pour ce chemin ou cette voie de communication, un mode de construction et un tracé plus parfait, en augmentant le capital engagé, que lorsque la circulation est plus active.

Ce n'est là qu'une conséquence de ce grand axiome industriel que les manufactures assurées d'un grand débit peuvent et doivent seules employer les machines les mieux construites et les plus coûteuses. Quelque évident qu'il soit, on l'a si souvent oublié dans l'étude des chemins de fer, qu'il nous a paru néces-

saire de ne pas traiter la question des tracés sans commencer par le rappeler.

Revenons actuellement à la comparaison des tracés possibles pour une même ligne.

Comparer différents tracés, avons-nous dit, ce n'est ordinairement pour l'ingénieur qu'en rapprocher les revenus et les dépenses. Rien de plus facile en apparence que ce travail ; suivons cependant l'ingénieur dans ses opérations, et nous verrons combien, dans certains cas, elles exigent d'étude, de connaissances spéciales et de talent.

Nous avons montré précédemment que le choix d'un tracé dépendait autant de la circulation présumée que de la configuration du terrain. La première question dont l'ingénieur ait à s'occuper est donc celle du *tonnage* probable en voyageurs et marchandises. On apprécie facilement les nombreuses difficultés qui se présentent pour réunir les éléments d'une réponse.

Ce travail achevé, l'ingénieur étudiera le terrain, d'abord au moyen de la carte seulement, marquant entre les deux points extrêmes ceux par lesquels il sera important de passer, puis il tracera les lignes qui, touchant à ces différents points, paraîtront le plus convenables pour le tracé d'une voie de communication.

Lorsque la configuration du sol permet de poser les chemins à peu près en ligne droite sans travaux extraordinaires, le choix est facile; mais, dans les pays accidentés, il se présente un grand nombre de lignes qui paraissent au premier abord satisfaire aux conditions exigées pour le meilleur tracé. Chacune a ses avantages particuliers et ses inconvénients, qu'on ne peut apprécier avec exactitude sans avoir obtenu par des opérations géodésiques un relief du terrain. Ces opérations sont toujours coûteuses, et l'on doit éviter de les multiplier; il faut donc que l'ingénieur, doué d'un coup d'œil sûr et rapide, choisisse à la seule inspection du terrain celles qui doivent faire l'objet d'études spéciales, puis qu'il détermine par des nivellements la

hauteur des différents points du sol, suivant chacune de ces directions et à quelques dizaines de mètres à droite et à gauche.

Il lui reste ensuite à *profiler* ses tracés, c'est-à-dire à en déterminer les pentes. C'est alors surtout qu'il est obligé de déployer une grande sagacité, car on conçoit qu'entre deux points donnés, sans même s'écarter d'une certaine direction, il existe un grand nombre de profils différents possibles. Si, par exemple, ces deux points sont séparés par une montagne, on peut, en suivant toujours la même ligne, gravir la montagne d'un côté jusqu'au sommet pour ensuite descendre de l'autre côté, ou bien ne la gravir que jusqu'à une certaine hauteur et la traverser par un souterrain, ou enfin ouvrir un souterrain dès qu'on en atteindra le pied. On peut aussi, dans une vallée, suivre toutes les sinuosités auxquelles donne lieu la projection des contreforts ou coteaux qui s'avancent de l'un ou de l'autre côté, ou abréger le chemin en coupant ces contreforts.

L'ingénieur a donc à choisir en même temps entre plusieurs directions et plusieurs profils, et il n'a pour calculer les avantages respectifs de ces différents tracés que des données très-variables ou très-incertaines : le chiffre du tonnage sur lequel on se trompe presque toujours, les frais de construction dont un des éléments, l'indemnité aux propriétaires, est surtout bien difficile à apprécier, et enfin les frais d'exploitation qu'on est loin encore de pouvoir établir avec une parfaite exactitude.

Il ne faut pas s'étonner par conséquent des défauts qu'on a signalés dans le tracé de presque tous les chemins de fer exécutés jusqu'à ce jour.

« Les voies de cette espèce aujourd'hui en activité, disait M. Paulin Talabot, directeur du chemin de Lyon à la Méditerranée, dans un mémoire inédit, écrit il y a déjà quelques années, ont été exécutées à peu près au hasard et sans que l'ingénieur ait pu se rendre compte des conditions du problème qu'il avait à résoudre. »

« Ainsi le chemin de Darlington à Stockton, desservi aujour-

d'hui par des machines, devait l'être par des chevaux dans la plus grande partie de sa longueur. On n'a déterminé le système des moteurs qu'on emploierait sur le chemin de Liverpool, qu'après que ce chemin a été exécuté, renversant ainsi l'ordre logique qui voulait que le tracé fût fait pour le moteur, et non le moteur pour le tracé. Ce n'est pas seulement sur le choix du moteur que l'on s'est trompé dans l'étude du chemin de Liverpool à Manchester ; les erreurs commises sur le chiffre et la nature du tonnage n'ont pas été moins graves : cette ligne avait été tracée dans la prévision d'un transport considérable de marchandises à la vitesse de 16 à 20 kilomètres par heure; aujourd'hui, au contraire, elle sert au transport d'un grand nombre de voyageurs à grande vitesse, et d'une quantité médiocre de marchandises. »

« Les machines locomotives ne ressemblent en aucune manière à celles que l'on employait avant la construction de ces deux railways. Le poids, la force, la vitesse, le mode de construction de ces machines, tout cela a changé, tout cela varie encore tous les jours. »

Ce que M. Talabot disait du tracé des chemins de Liverpool à Manchester et de Darlington à Stockton, construit il y a vingt-cinq ou trente ans, on peut le dire également de celui de chemins beaucoup plus récemment établis. Aujourd'hui plus que jamais on altère à chaque instant et le mode de construction et la puissance des machines. Le problème du tracé d'un chemin de fer, toutes les fois qu'on se sert de machines, est, comme l'a dit avec beaucoup de justesse M. Minard, un véritable problème de mécanique. Le chemin et son système de chariots et de locomotives ont entre eux une telle corrélation qu'on ne saurait les considérer isolément; car la moindre imperfection dans l'une des parties, le moindre défaut d'harmonie entre ces différents objets, ont une influence destructive sur l'ensemble. Ils forment par leur réunion un seul et même appareil, une immense machine.

Comment donc poser des principes absolus pour le tracé des

chemins de fer, même en se bornant à étudier la question au point de vue technique et financier, comment surtout y appliquer le calcul mathématique, lorsqu'on manque de données pour estimer exactement la résistance dans certains cas[1], et que chaque jour amène d'importants changements dans leur matériel ou même dans l'art de le construire? On est réduit, nous regrettons de le dire, à se contenter de quelques règles empiriques déduites de l'étude des chemins de fer déjà établis, règles dont la plus grande partie a déjà été exposée précédemment en traitant des considérations générales qui doivent présider au choix des tracés et qui se trouveront complétées par l'indication des limites de courbure ou de pentes adoptées dans certains cas donnés pour le tracé des chemins de fer.

Les courbes sur les chemins de fer à *grandes vitesses* les mieux exécutés ont en général de 800 à 1000 mètres de rayon au moins (chemins de Liverpool à Manchester, Liverpool à Birmingham, Londres à Birmingham, Londres à Bristol, Paris à Lyon, Paris à Strasbourg). Sur quelques chemins de fer d'Autriche, on n'a pas craint de réduire le rayon des courbes à 190 mètres, mais on ne marche sur ces chemins qu'à de petites vitesses (30 kilomètres à l'heure), avec des machines à 6 ou 8 roues à essieux mobiles du système américain.

Ces chemins ont été construits il y a quelques années. Aujourd'hui, selon M. Couche, les Allemands renoncent assez généralement à l'emploi du matériel américain, 5 ou 600 mètres de rayon est le minimum qu'ils cherchent à atteindre au prix même de sacrifices assez grands. Ce n'est que dans les stations que les ingénieurs admettent sans scrupule des rayons qui nous paraissent d'une petitesse excessive, et dont l'influence sur le matériel est d'autant plus destructive que les manœuvres se font, en Allemagne, presque exclusivement par les changements de voie.

1. On manque complétement de bases pour apprécier la résistance dans les courbes de différents rayons, à différentes vitesses avec un matériel donné.

Un rayon de 2 à 300 mètres suffit lorsqu'on emploie des chevaux courant au trot, ou qu'on se sert de machines traînant de fortes charges à de très-petites vitesses (chemin de Roanne à Saint-Étienne, chemin des houillères de Newcastle, et du pays de Galles méridional).

Enfin, avec des chevaux allant au pas, on pourra adopter un rayon aussi petit qu'on le voudra, puisqu'alors rien n'empêchera d'employer les roues mobiles sur l'essieu, le système Laignel ou tout autre système ayant pour but de diminuer la résistance dans le circuit.

« Les courbes d'un très-faible rayon ne doivent plus d'ailleurs être considérées comme des obstacles insurmontables, dit M. Boulanger[1], même pour les grosses machines à marchandises à six roues couplées, telles que celles du chemin de Paris à Strasbourg. On sait en effet que le service du matériel et de la traction de cette Compagnie, placé sous la direction de M. Sauvage, a exploité pendant quatre mois et sans aucun accident l'embranchement de Metz à Forbach, sur la voie de ceinture exécutée provisoirement autour de la montagne de Steinberg, avec une rampe de 0m006 et des courbes de 150 mètres de rayon. On avait eu le soin d'augmenter quelque peu l'écartement des rails, de manière à diminuer les frottements. On usa quelques bandages, mais le service ne fut pas interrompu. »

Le fait articulé par M. Boulanger est vrai. Mais nous ajouterons, pour qu'on n'en tire pas des conséquences trop absolues, qu'en passant dans les courbes de 150 mètres avec une machine à six roues on a fait un véritable tour de force afin de ne pas interrompre le service, que les machines ne marchaient qu'au pas et qu'elles éprouvaient une fatigue excessive

Dans le voisinage des villes, ou aux points d'intersection avec les routes, lorsqu'il faut diminuer la vitesse, les courbes peuvent avoir de moins grands rayons.

1. *Annales des ponts et chaussées.*

Ainsi le chemin de Liverpool à Manchester entrait anciennement à Manchester avec une courbe de 200 mètres, et il se soudait au chemin de Newton par une courbe de 360 mètres.

Sur le chemin de Chester à Crewe, on trouve à la station de Crewe une courbe dont le rayon n'a également que 360 mètres.

Dans les gares belges, on rencontre souvent des courbes de 200 mètres. Les anciennes machines Stephenson à six roues, très-communes en Belgique, y passent assez facilement, mais avec les nouvelles machines dans lesquelles un des essieux est placé à l'arrière de la boîte à feu, il convient de donner à ces courbes 250 à 300 mètres de rayon au moins.

On évite avec un soin particulier les courbes de petit rayon sur les fortes rampes où les chariots descendant marchent souvent animés d'une grande vitesse, et où les chariots montant éprouvent un surcroît de résistance.

Sur le chemin de Vienne à Trieste, toutefois, on s'est trouvé conduit par la configuration du terrain à réduire le rayon des courbes à 285 mètres, même sur des rampes très-fortes au passage des montagnes; mais on ne marche sur ces portions de chemin qu'à de très-petites vitesses; sur celui de Heilbronn à Friedrichshafen, le rayon des courbes n'est que de 227 mètres, les pentes étant de 22 millimètres.

Lorsque deux courbes tournées en sens contraire viennent à la suite l'une de l'autre, il convient de les séparer par un alignement qui ait la longueur d'un convoi au moins; le convoi ne peut pas, de cette manière, se trouver en partie dans une des courbes et en partie dans l'autre.

Sur toutes les grandes lignes récemment construites en France on s'est attaché à réduire les pentes à 8 ou 10 millimètres, comme au chemin de Strasbourg, et encore n'a-t-on adopté des pentes aussi fortes qu'au passage des portions les plus accidentées sur une petite partie du parcours, tandis que partout ailleurs on s'est attaché à ne pas dépasser la limite de 5 millièmes. Sur le chemin de Lyon la pente de 8 millimètres s'étend

sur un parcours de 36 kilomètres; sur celui d'Orléans, les rampes d'Étampes, inclinées également de 8 millimètres, ont 6300 mètres de longueur. Au chemin de Londres à Bristol, on trouve une rampe d'environ 1 centimètre, de 5000 mètres de longueur, et au chemin de Liverpool à Manchester, des rampes de 11 à 12 millièmes sur un parcours de 2400 mètres; enfin, sur les chemins de Londres à Brighton et de Londres à Douvres faisant partie de la grande ligne de Londres à Paris, les locomotives remontent une pente de 1 centième sur 5000 mètres de longueur.

Sur les chemins de Versailles construits à une époque où l'administration des ponts et chaussées attachait encore une importance extrême aux faibles pentes, il n'a pas été permis de dépasser 5 millièmes, si ce n'est sur une partie du parcours du chemin de la rive gauche à l'entrée de Versailles. Il est incontestable cependant que, sur cette ligne où les machines ne marchent presque jamais avec une charge complète, on aurait pu, sans inconvénient, tolérer des pentes de 8 à 10 millimètres comme sur le chemin de Londres à Croydon, ce qui eût considérablement diminué la distance à parcourir et les frais de construction du chemin.

La limite de pentes de 10 à 12 millimètres adoptée sur les chemins français et anglais, quand on ne traverse pas de véritables montagnes, est aussi celle que l'on a cherché à ne pas dépasser en Allemagne, et même aux États-Unis.

Dans les régions montagneuses, là où il faudrait exécuter des travaux gigantesques pour descendre à des inclinaisons de 10 à 12 millimètres seulement, on admet aujourd'hui des pentes qui s'élèvent jusqu'à 25 millimètres et sur lesquelles pourtant on continue à remorquer les convois avec des machines locomotives extrêmement puissantes. (Voir plus loin la description des dernières machines construites pour le passage du Sommering.) Sur le chemin de Turin à Gènes, on trouve même des portions en pente de 35 millimètres ainsi que des courbes de 400 mètres de rayon, mais il n'est pas encore bien établi que

le service sur de pareilles pentes se fera dans de bonnes conditions avec des locomotives. Il paraît devoir être surtout extrêmement difficile dans une portion où le chemin remonte une pente de 29 millimètres en souterrain.

C'est en se résignant à l'admission de pentes aussi fortes qu'on a pu traverser les Alpes noriques et juliennes entre Vienne et Trieste, les Alpes rudes entre Heilbronn et Friedrichshafen, le Fichtelgebirge entre Newmarkt et Marckschorgast et les Alpes génoises entre Turin et Gènes. C'est ainsi que l'on traversera le Jura entre Pontarlier et Lausanne, Pontarlier et Neufchatel, le Luckmanier entre Coire et Bellinzone.

Ce n'est pas seulement en Allemagne que les pentes dépassant 20 millimètres ont été exceptionnellement admises. En Angleterre même, on trouve sur le chemin de Birmingham à Gloucester une rampe de 27 millimètres, longue de 3440 mètres; sur celui d'Edimbourg à Glasgow, une rampe de 24 millimètres sur 2400 mètres de longueur, et une rampe de 20 millimètres sur celui de Manchester à Leeds. Sur des chemins aboutissant au port d'Hartlepool, on remonte des pentes plus fortes encore, mais ces chemins sont plutôt consacrés au transport du charbon qui descend vers ce port qu'à celui des voyageurs.

La question des pentes fortes sur les chemins de fer et de l'emploi des locomotives pour les remonter a été traitée d'une manière tout à fait supérieure par M. Couche, ingénieur des mines, dans un article des Annales des mines intitulé : *Influence du progrès des locomotives sur le tracé des chemins de fer*[1].

Nous engageons ceux de nos lecteurs qui voudraient l'approfondir à consulter ce mémoire.

On a cru un instant que l'on pourrait dépasser même les pentes que nous venons d'indiquer en gravissant ces fortes rampes à l'aide de machines fixes. C'est ainsi que l'on a établi un

1. *Annales des mines*, 2e livraison de 1852.

grand plan incliné aux abords de la ville de Liége et qu'on l'a desservi à l'aide de machines fixes. Mais l'emploi des plans inclinés à machines fixes sur les chemins de fer a l'inconvénient d'occasionner une grande gêne dans le service de l'exploitation ainsi que de grands retards, et il n'a pas même l'avantage qu'on serait tenté de lui supposer de réduire notablement les frais de construction. En effet, le tracé sur ces sortes de plans inclinés n'admettant pas de grandes sinuosités et des pentes variées, on se trouve conduit, pour le plier à ces conditions, à exécuter des travaux d'art et de terrassement souvent considérables. C'est ainsi que sur le plan incliné de Liége long de 4000 mètres, le cube des terrassements s'est élevé à 560 000 mètres cubes.

Les transports s'effectuent aussi avec économie sur une pente de 5 à 6 millièmes. Sur le chemin de Rive de Gier à Givors, (partie du chemin de Saint-Étienne à Lyon), les chariots descendent par l'effet seul de la gravité et remontent à l'aide de machines ou de chevaux.

Si, par nécessité toutefois ou par raison d'économie, sur de petites lignes de second ordre, on fait usage de plans inclinés, on peut sans inconvénient leur donner, pour le transport des marchandises, l'inclinaison naturelle du sol, quelque forte qu'elle soit, mais on ne saurait transporter sans danger des voyageurs sur des pentes qui dépassent celles des plans inclinés du chemin de Roanne à Saint-Étienne et dont la limite est de 5 centièmes.

L'autorité, en Angleterre, a défendu tout transport régulier de voyageurs sur le chemin de Cromfort à Peakforest dans le Derbyshire, parce que la pente s'y élevait en plusieurs points jusqu'à 11 centièmes.

Le chemin doit, autant que possible, entrer dans les stations extrêmes en rampes de 2 ou 3 millièmes. Ces rampes ont un double but, celui de ralentir les convois à l'arrivée et celui d'en faciliter le départ.

Dans les stations intermédiaires, où les trains doivent être souvent manœuvrés sur les voies de garage dans tous les sens,

et où l'on est obligé de faire pousser quelquefois les wagons par des hommes, le rail doit être de niveau.

Il faut aussi établir le chemin de niveau à l'emplacement des changements de voie ou dans toute autre partie où la résistance se trouve déjà augmentée par d'autres causes que la pente.

Nous avons dit que la théorie des machines locomotives était encore trop incomplète et le mode de construction de ces machines encore trop variable pour qu'on pût déterminer, par des calculs certains, des rapports mathématiques entre les dimensions de ces moteurs et le tracé d'un chemin de fer. Nous indiquerons néanmoins, au chapitre des locomotives, quelle est la marche que l'on doit suivre si on veut se contenter d'approximations. On prend alors pour types certains modèles de machines en usage et pour base du calcul certains résultats d'expérience.

ÉTENDUE DES GARES ET DIMENSIONS DE LA VOIE.

Étendue des gares. — Nous avons montré que le choix de l'emplacement d'une gare n'était pas toujours sans influence sur le tracé. L'étude des gares, du moins en ce qui concerne leur emplacement et leur étendue, si elle n'a lieu en même temps que celle du tracé de la ligne proprement dite, doit donc lui succéder immédiatement.

Il nous reste à présenter quelques considérations à ce sujet.

Déjà nous avons signalé les inconvénients et les avantages des gares communes; nous avons essayé de faire comprendre que les gares extrêmes doivent être établies à une plus ou moins grande distance du centre des villes, suivant que les terrains sur lesquels le chemin de fer doit être construit dans l'intérieur de la ville sont plus ou moins coûteux, suivant la longueur du chemin, la nature du tonnage, etc. Nous avons dit aussi combien il importait d'éloigner les gares de voyageurs ou de marchandises des tranchées ou des souterrains courbes.

Il est rare que quelque soin qu'ait mis un ingénieur de placer une gare à la plus petite distance possible des villes que le chemin de fer dessert, les conseils municipaux de ces villes ne tentent d'obtenir par la voie des enquêtes des modifications dans le tracé ayant pour but de le conduire plus près encore du centre. Il faut prévoir cette opposition et réunir à l'avance tous les éléments nécessaires pour la combattre[1].

Il ne suffit pas qu'une station soit à proximité des quartiers populeux d'une ville, il faut encore que les abords en soient faciles. C'est une des principales conditions à remplir.

Il n'est pas moins utile de donner à la station l'étendue nécessaire aux besoins du service. Cette étendue varie suivant la nature et l'importance de ce service.

L'étendue d'une gare extrême de chemin de fer est ordinairement considérable. Dans les grandes villes, où viennent se croiser des chemins de fer qui traversent le pays d'une extrémité à l'autre et auxquels viendront se souder dans l'avenir une infinité de branches plus ou moins longues, on ne saurait faire les gares trop vastes.

Personne ne peut prévoir quelle limite atteindra un jour le mouvement toujours croissant des voyageurs et des marchandises, et si on n'agrandissait les gares qu'au fur et à mesure des besoins, on s'exposerait à payer à un prix exorbitant les terrains nécessaires.

Il y a une dizaine d'années, on considérait comme assez spacieuse, pour un service de voyageurs seulement, une gare de deux hectares environ, telle que la gare du chemin de Saint-Germain à Paris, commune au chemin de Versailles, rive droite, et de Paris à Rouen; mais cette gare déjà trop exiguë pour ces trois chemins, a dû être considérablement agrandie

1. Le chemin de Nancy à Thionville par Metz aura deux gares aux abords de cette dernière ville. C'est le seul exemple que nous connaissions d'une ville aussi peu importante desservie par deux gares. La Compagnie n'en avait projeté qu'une seule. C'est le conseil municipal de Metz qui, par sa vive opposition, est parvenue à obtenir du conseil des ponts et chaussées l'établissement de la seconde.

afin de pouvoir raccorder le chemin de Versailles, rive droite, avec celui de l'Ouest.

Le plan ci-joint indique l'espace occupé par l'ancienne gare

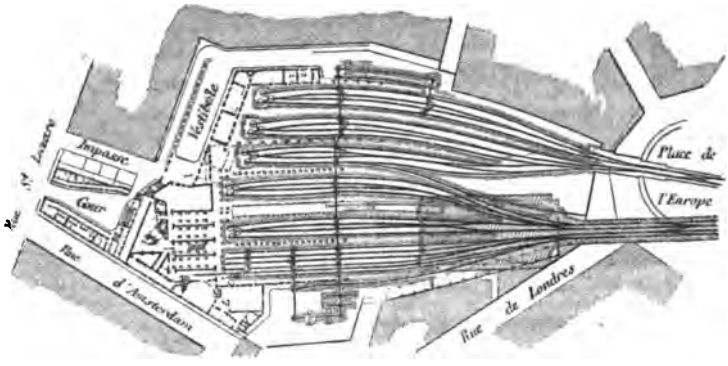


Fig. 7.

et celui dans lequel se trouve renfermée la gare actuelle.

La gare des voyageurs du chemin de fer du Nord à Paris couvre un espace de 5 hectares, et on regrette de ne pas lui avoir donné de plus grandes dimensions.

Celle du chemin de Strasbourg occupant dans l'origine 4 hectares 37 ares était beaucoup trop petite. La surface du terrain acheté pour l'agrandir est de 1 hectare 23 ares, ce qui portera sa contenance à 5 hectares 60 ares.

Mais c'est bien plus encore les gares pour les marchandises et les gares pour les ateliers que l'on sent aujourd'hui la nécessité d'augmenter. Tant qu'on s'est figuré que les chemins de fer n'étaient guère propres qu'aux transports des voyageurs, on s'est médiocrement préoccupé des dispositions à prendre pour le service des marchandises, mais les faits n'ont pas tardé à démentir cette idée fausse et sur toutes les lignes importantes, en Angleterre et en France, on augmente aujourd'hui les gares de marchandises. Partout on a reconnu que les anciennes étaient trop petites, non-seulement parce que le chiffre du mouvement des marchandises s'était élevé, mais

aussi parce que les manœuvres dans les magasins ne pouvaient se faire avec rapidité et économie si l'espace était trop restreint.

En Angleterre, où cependant on devait être préparé à d'énormes transports de marchandises, où l'emploi des moyens mécaniques était depuis longtemps perfectionné, et où l'exploitation des canaux avait dû fournir des données précieuses sur le mouvement et l'emmagasinage de la marchandise, les gares des principaux chemins de fer ont subi ou doivent subir d'importantes modifications qui toutes ont pour objet, en accroissant l'étendue, en multipliant les quais et les hangars, de donner de nouvelles facilités au commerce et d'introduire de notables économies dans la manutention. Ces changements ne s'opèrent qu'avec des difficultés qui ne peuvent pas toujours être levées par de grands sacrifices d'argent.

Au chemin du Nord, la gare de La Chapelle contenant une gare de marchandises et de grands ateliers de réparation a 26 hectares de superficie. Les ateliers occupent 14 hectares et la gare des marchandises 12 hectares. On se propose d'augmenter de 4 hectares environ l'étendue de la gare des marchandises.

La gare de la Villette au chemin de Strasbourg, dont la contenance ne devait être d'après les premiers projets que de 6 hectares 28 ares, a été depuis considérablement augmentée et sous peu son étendue sera de 29 hectares 46 ares, dont 9 hectares environ ont été consacrés à l'établissement d'une vaste carrosserie et de ses dépendances ainsi qu'à des remises de locomotives et de wagons, et 20 hectares seront affectés exclusivement aux voies principales et aux voies des marchandises. Il est vrai qu'en lui donnant d'aussi grandes dimensions on a en vue non-seulement l'exploitation du chemin de Strasbourg, mais encore celle des autres chemins de fer de l'est de la France,

Au chemin de Rouen la gare des Batignolles presque entièrement consacrée au service des marchandises a 17 hectares 11 ares de superficie. A Bercy, la gare du chemin de Lyon

occupe 21 hectares 39 ares sur lesquels 9 hectares 11 ares servent à loger de grands ateliers et le reste les bâtiments ainsi que les cours du service des marchandises.

Ce n'est qu'à la condition de créer des gares de marchandises extrêmes et même des gares intermédiaires très-vastes, que les chemins de fer peuvent lutter avantageusement avec les voies navigables pour le transport des objets de peu de valeur, dont le volume est souvent considérable, et qui doivent être approvisionnées en grandes quantités pour pouvoir être transportés économiquement par convois complets.

Les gares de marchandises exigeant une aussi grande étendue de terrain, il devient presque toujours impossible de les loger dans l'intérieur des villes. C'est une des raisons pour lesquelles on les place en dehors ou au moins dans les faubourgs.

Nous avons vu que les ateliers principaux souvent contigus aux gares de marchandises extrêmes occupent aussi un grand espace. Le chemin de Strasbourg indépendamment de la carrosserie voisine de la gare des marchandises de la Villette possède à Épernay, pour la réparation des locomotives, un grand atelier qui couvre une surface de 9 hectares et des ateliers auxiliaires près de Metz. Lorsque le chemin de Paris à Mulhouse sera livré à l'exploitation, un nouvel atelier aussi vaste que le premier deviendra nécessaire à Mulhouse.

Dimensions de la voie. — Après avoir déterminé l'emplacement et l'étendue des gares, il faut, pour compléter l'étude du chemin telle qu'elle doit être faite avant que l'on ne commence les travaux, fixer les dimensions de la voie et de ses dépendances.

La largeur de la voie sur tous les chemins de fer servant au transport des voyageurs, en France et en Belgique, ainsi que sur la plupart des chemins anglais, est de $1^m,50$ à $1^m,51$ d'axe en axe des rails, ou de $1^m,44$ à $1^m,46$ seulement, si on la mesure de la face intérieure des rails.

Au chemin de Londres à Yarmouth, dit *Eastern Counties Railway*, la voie a été établie avec $1^m,52$ de largeur; sur les

chemins de Dundie à Arbroath, et d'Arbroath à Forfar, cette largeur est de $1^m,68$. Sur les chemins d'Irlande, et sur celui de Saint-Pétersbourg, à Paulosk, on l'a portée à $1^m,83$, sur ceux de Hollande à $1^m,93$; enfin, sur le chemin de Bristol, M. Brunel a adopté une voie large de $2^m,13$ de dedans en dedans ou moitié en sus de la distance usitée de $1^m,44$. En Espagne, on a adopté la largeur de $1^m,70$.

Le tableau suivant indique la longueur des chemins à voies étroites et à voies larges construits en Angleterre ainsi que celui des chemins de fer sur lesquels on a posé trois files de rails afin de pouvoir marcher sur des voies de deux largeurs différentes.

CHEMINS DE FER ANGLAIS EXPLOITÉS AU 31 DÉCEMBRE 1853.

	VOIE étroite ($1^m,44$).	VOIE d'Irlande ($1^m,70$).	VOIE large ($2^m,13$).	VOIE mixte.	TOTAL.
Angleterre	8252^k	»	1007^k	153^k	9412^k
Écosse	1600	»	»	»	1600
Irlande	13	1348^k	»	»	1361
Totaux	9865^k	1348^k	1007^k	153^k	$12\,373^k$

Le principal but que l'on s'est proposé en agrandissant l'espace entre les rails est de se ménager la possibilité de construire des machines locomotives plus larges avec des roues d'un plus grand diamètre, munies de chaudières plus puissantes, et par suite, capables de marcher à des vitesses supérieures.

Quelques fabricants de machines ont aussi demandé que la voie fût élargie, afin, disaient-ils, que les pièces du mécanisme placées entre les roues occupant un plus grand espace, il en résultât plus de facilité dans la construction et l'entretien.

La controverse sur la question de savoir quelle était la largeur de voie la plus convenable a été très-vive surtout entre les ingénieurs anglais. Une commission a été nommée par le gouvernement anglais pour l'examiner. Voici quelles ont été les conclusions du rapport qu'elle a publié :

1° L'élargissement de la voie ne présente aucun avantage en ce qui concerne la sûreté et le comfort des voyageurs.

2° On peut, avec de larges voies, atteindre de plus grandes vitesses qu'avec les voies ordinaires ; mais il y aurait du danger à dépasser le maximum de vitesse obtenu sur les voies ordinaires avec des chemins construits comme le sont les chemins actuels ; (cette vitesse, avec les nouvelles machines de Crampton, peut atteindre de 100 à 110 kilomètres par heure).

3° La voie ordinaire est préférable pour le transport des marchandises, elle est mieux appropriée aux exigences du commerce.

4° L'usage des larges voies nécessite de plus grandes dépenses d'établissement, et la réduction qui en résulterait dans les frais d'entretien et de locomotion ne paraît pas être de nature à compenser l'accroissement des premiers frais.

5° Il est très-important, que dans un même pays, la largeur de la voie soit uniforme. On éprouve de grands inconvénients des différences de largeur des voies du chemin de Bristol et du chemin de Glocester, et on a dépensé une somme considérable pour ramener, sans interrompre l'exploitation, la voie du North Eastern Railway à la dimension ordinaire ($1^m,44$).

6° Le mécanisme des nouvelles machines étant beaucoup plus simple que celui des anciennes et étant placé en grande partie, ainsi que les cylindres, en dehors des roues, l'objection des fabricants qui réclamaient une plus grande largeur de voie afin de le loger plus facilement, est devenue sans valeur ;

7° La commission ne voit donc aucune raison pour opérer un changement dans la largeur de la voie ($1^m,44$ intérieurement).

Nous sommes du même avis que la commission anglaise.

On est parvenu aujourd'hui à construire pour les chemins à voie étroite des machines qui, comme machines de voyageurs et comme machines de marchandises, ne laissent plus rien à dé sirer sous le rapport de la puissance.

En France, sur plusieurs lignes récemment construites, on a augmenté la largeur entre les faces intérieures des rails, d'environ 1 centimètre, afin de faciliter le mouvement oscillatoire des roues, connu sous le nom de lacet. Une différence aussi légère entre les nouvelles et les anciennes voies n'oblige en aucune manière à employer des machines différentes.

La largeur de l'entre-voie (espace entre les deux voies parallèles) sur la plupart des chemins de fer de France et de Belgique est de $1^m,80$; sur le chemin de Lyon elle est de $2^m,20$; sur le chemin de Londres à Birmingham de $1^m,92$; sur le chemin de Bristol de $1^m,87$; sur le chemin de Bruxelles à Mons de $2^m,50$.

On détermine la largeur de l'entre-voie, de manière à ce que deux convois qui marchent en sens contraire, venant à se croiser, il reste entre les caisses des voitures un espace libre, assez grand pour que les marchepieds ne puissent se choquer et que les voyageurs ne puissent se blesser en sortant la tête par la portière.

La largeur de l'entre-voie sur le chemin de Lyon nous paraît la plus convenable. Nous ne verrions même que des avantages à l'augmenter de quelques centimètres. On pourrait alors donner un peu plus de largeur aux caisses des voitures et établir au dehors des galeries qui seraient d'une grande utilité.

Sur le chemin de Saint-Étienne à Lyon, l'entre-voie n'étant que de 1^m, on s'est trouvé fort gêné pour la construction des voitures et on a été obligé de leur donner une grande longueur en faisant porter la caisse sur deux trains séparés.

Sur le chemin de Liverpool à Manchester, construit vers la même époque que celui de Saint-Étienne à Lyon, l'entre-voie est plus grande. Elle est de $1^m,55$.

Si le matériel du chemin de Paris à Mulhouse n'eût pas dû circuler sur toutes les autres lignes du réseau de l'est, on eût

certainement donné $2^m,20$ au moins de largeur à l'entre-voie de ce chemin; mais, eu égard à cette circonstance, on se bornera à adopter la largeur de 2 mètres qui est de 20 centimètres plus grande que celle du chemin de Paris à Strasbourg, uniquement parce qu'il a été reconnu qu'avec la largeur de $1^m,80$ et le matériel ordinaire le service était souvent dangereux. On a aussi adopté cette largeur de 2 mètres pour les nouvelles lignes du réseau du nord.

Pour les chemins du midi, l'entre-voie sera de $1^m,86$.

La largeur des accotements varie ainsi que l'inclinaison des talus avec la nature des terrains. Elle doit être d'autant plus grande que le sol sur lequel repose la voie est plus mauvais. Ainsi, sur les remblais en terrains ordinaires, elle est de $0^m,50$ centimètres plus grande que dans les tranchées. Lorsque le terrain est marécageux, c'est au contraire dans les tranchées qu'elle est la plus grande. Dans certains terrains de ce genre, elle est de 3 mètres en tranchée et de $1^m,50$ à 2 mètres en remblai.

Cette largeur est nécessaire pour que l'ébranlement produit lors du passage des convois ne puisse déterminer facilement des éboulements et pour que, dans le cas où des éboulements auraient lieu, les voies ne puissent pas être entraînées ou couvertes facilement.

On proportionne aussi la largeur de l'accotement à la résistance que présente le ballast au déplacement latéral des traverses. Plus le ballast est résistant, moins il est sujet à *couler*, plus est faible la largeur de l'accotement.

Sur le chemin de Bristol en terrain ordinaire, la distance de la face extérieure du rail à la crête du remblai ou à l'arête du fossé est de $1^m,45$; sur le chemin de Liverpool à Manchester, de $1^m,52$; sur celui de Londres à Birmingham de $2^m,20$; sur les nouveaux chemins belges elle est de $1^m,75$.

Sur les chemins de fer français récemment construits, elle doit être, au terme du cahier des charges, en bon terrain, de 1 mètre en déblai et de $1^m,50$ en remblai.

Dans les souterrains, et quelquefois sur les ouvrages d'art, on diminue la largeur de l'accotement afin de réduire la dépense. Les eaux s'écoulent alors par un fossé ou par un aqueduc placé au milieu. Il ne faut pas oublier qu'une trop grande réduction de la largeur de l'accotement dans les souterrains peut exposer à de graves accidents.

La largeur des fossés creusés le long de la chaussée dans la tranchée et le long des talus des tranchées ou des remblais, et, en général, toutes leurs dimensions doivent être en rapport avec le maximum de la quantité d'eau qu'ils sont destinés à recevoir.

Au chemin de Strasbourg, dans une partie du chemin voisine de Nancy, les fossés étant de dimensions insuffisantes pour donner écoulement aux eaux au moment d'une grande crue, la chaussée a été inondée, le ballast a été enlevé, et la voie dérangée à tel point, qu'il en est résulté le déraillement d'un convoi, accident qui aurait pu avoir les plus graves conséquences.

Il est donc de la plus haute importance de préserver aussi bien que possible, par des moyens quelconques, tous les ouvrages d'un chemin de fer et notamment la voie du contact des eaux soit souterraines soit pluviales. On ne doit rien épargner pour atteindre ce but.

Les règles qui servent à déterminer l'inclinaison des talus des tranchées ou des remblais pour les routes ou pour les canaux, s'appliquent aussi aux chemins de fer. Nous devons néanmoins faire observer que, sur un chemin de fer, les conséquences d'un éboulement sont bien autrement graves que sur une route ordinaire, bien plus difficiles à réparer, et que les dépenses pour modifier les talus d'une tranchée, une fois le chemin en activité, sont bien plus considérables.

Il est donc très-important sur un chemin de fer de déterminer l'inclinaison des talus avec assez d'exactitude pour qu'il ne devienne pas nécessaire de les retoucher après l'ouverture du chemin.

Sur le chemin d'Alais à Beaucaire, l'éboulement du talus d'une tranchée a occasionné, en barrant la voie, la rupture d'une locomotive et de plusieurs wagons chargés de charbon. Sur celui de Londres à Bristol, un accident du même genre a eu pour conséquence la mort de plusieurs voyageurs. Sur le chemin de Versailles (rive gauche), dans la grande tranchée de Clamart, la rectification d'une partie des talus après l'ouverture du chemin, a exigé une dépense double de celle qui eût été nécessaire pour le même travail, s'il eût été fait de prime abord.

L'angle sous lequel se soutiennent les talus des tranchées, varie suivant la nature du terrain. On trouvera de précieuses indications à cet égard dans l'ouvrage de M. Minard *sur les ouvrages qui établissent la navigation des rivières et des canaux*, et dans l'ouvrage anglais de Brees, traduit en français sous le nom de *Science pratique des chemins de fer*.

Quel que soit cet angle, il ne faut pas oublier que tel terrain qui résistera avec un talus d'une grande inclinaison avant d'être exposé aux intempéries de l'air, pourra s'ébouler sous le même angle lorsqu'il en aura subi l'influence. Certains schistes surtout s'attendrissent en peu de temps au contact de l'air.

Lorsque le terrain est très-coulant, les talus ne se soutiennent sous aucun angle, et il faut alors employer certains moyens que nous indiquerons au chapitre des terrassements.

Anciennement on était dans l'usage de ménager, sur les talus des grandes tranchées, à une petite hauteur au-dessus du fossé, une banquette d'environ $0^m,30$ de largeur, sensiblement inclinée entre les talus. Cette banquette avait pour but d'empêcher les petites pierres qui se détachent des talus, surtout par l'action de la gelée et du dégel, de descendre dans le fossé et de l'obstruer. Elle recevait aussi, comme lieu de dépôt momentané, des boues dépendant du nettoyage des fossés. Aujourd'hui on supprime la banquette B (fig. 8), et on remplace le profil en ligne pleine au bas du talus par

le profil en ligne ponctuée. La banquette se trouve alors transportée en B′ le long de la chaussée, et elle sert en même

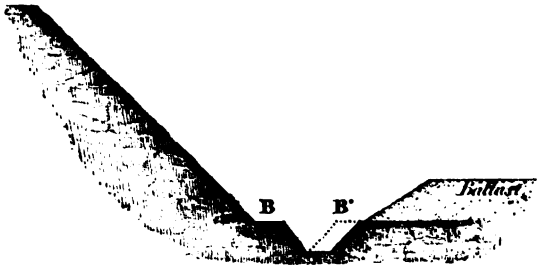


Fig. 8.

temps au dépôt momentané des boues et à la circulation des cantonniers.

Quant aux pierres détachées des talus, elles descendent dans le fossé d'où on les retire en le nettoyant.

Souvent aussi on a établi d'autres banquettes espacées de quatre mètres en quatre mètres; elles divisent les lignes de plus grandes pentes de talus en plusieurs parties sur lesquelles les eaux pluviales ne peuvent pas acquérir une vitesse capable de les raviner. Néanmoins, l'expérience a démontré que ces banquettes étaient plutôt nuisibles qu'utiles si l'on ne les disposait pas en forme de fossés dans toute leur longueur. Dans ce cas, on donne écoulement aux eaux de ces fossés au moyen de rigoles en maçonnerie établies de distance en distance sur la surface des talus.

Sur certains chemins de fer, celui de Lyon par exemple, on a placé avec avantage des cavaliers ou des petits murs au sommet des talus des tranchées.

Au chemin de Strasbourg, dans les mois de février et décembre 1853, et dans les premiers jours de janvier 1854, des encombrements de neige ont sur divers points forcé à suspendre la marche des trains. Ces encombrements ont été produits par des quantités de neige considérables qu'une tempête de vent ouest-sud-ouest balayait dans la plaine et chas-

sait dans les tranchées. Ce sont surtout les tranchées peu profondes qui ont été comblées; les grandes tranchées ont été épargnées, les neiges se sont accumulées dans le haut des talus, mais sans s'étendre sur la voie de fer. Il en a été de même des parties boisées.

Pour se préserver autant que possible de ces envahissements de la neige les clôtures sèches ont été remplacées par des écrans en planches. Ces écrans ont produit un assez bon effet; nous ne considérons pas cependant la question comme résolue.

Sur les chemins de la Bavière et du Wurtemberg, qui se trouvent dans des conditions bien plus difficiles à l'égard des neiges que la plupart des chemins français, puisqu'ils ont à franchir plusieurs chaînes de montagnes, on a employé, pour se garantir, sinon complétement, au moins en grande partie, de l'action des neiges mouvantes, différents moyens que M. Muntz, ingénieur civil, a décrits dans le journal l'*Ingénieur*, et que nous croyons utile de faire connaître.

« Les accumulations de neige, dit M. Muntz, ont lieu principalement du côté des vents dominants, dans les tranchées, dans les passages des remblais aux déblais, et sur les points où une barrière ou un passage par-dessus forme un obstacle qui arrête l'action des vents.

« Le moyen le plus efficace qu'on emploie pour garantir les points les plus exposés consiste dans l'élargissement de la tranchée par la création d'une banquette de $2^m,50$ à $4^m,00$ de largeur, établie du côté des vents dominants; de plus, dans la construction d'un cavalier de $1^m,20$ à $1^m,50$ de hauteur et élevé à une certaine distance de la crête du talus. »

« Ces deux précautions réunies suffisent pour forcer les neiges à se déposer sur les banquettes et à n'envahir que faiblement la voie proprement dite. L'élargissement de la tranchée présente encore l'avantage de faciliter le passage de la grande charrue à neige, qui, sans cette précaution, comprimerait tellement la masse, que son passage serait rendu difficile et même

impossible quand les hauteurs de neige atteignent de 1m,00 à 1m,20. »

« En Bavière, on se contente quelquefois, au lieu de former une banquette, de donner au talus des tranchées exposées aux neiges mouvantes, une inclinaison très-forte de 5 de base pour 1 de hauteur, pour conserver aux vents la possibilité de chasser la neige qui se dépose sans cette précaution. »

« Sur les points où il n'existe ni cavaliers ni banquettes, et où les encombrements se produisent sous l'action des vents forts et continus, on remplace les cavaliers par des clôtures en planches de 1m,50 à 2m,00 de hauteur, placées de 7 à 10 mètres en arrière de la crête des talus, ou par des haies vives et des plantations d'épicéas et d'autres arbustes d'une croissance rapide. Ces plantations sont établies sur trois rangs parallèles si elles ne se font pas en massif. »

« Les plantations essayées sur une vaste échelle ont rendu de très-bons services dès qu'elles avaient atteint une hauteur de 2 mètres, et les effets obtenus par ces moyens combinés ont été tellement favorables que la circulation n'a dû être interrompue, même dans les points les plus exposés, que pendant quelques heures, et à des époques éloignées de plus d'une année. »

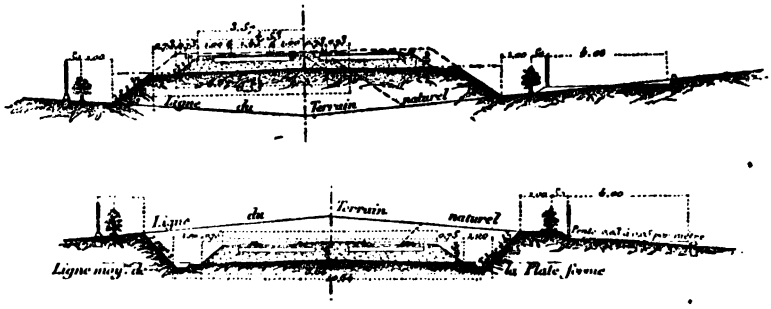
« Sur le Fichtelberg on s'est contenté de former des haies avec des branches de pins et de sapins dont on pouvait disposer dans la localité, en attendant que les plantations eussent acquis la hauteur nécessaire pour servir d'abri. »

L'inclinaison du talus des remblais est ordinairement de 1,5 sur 1. Elle est plus faible lorsque la nature du terrain oblige à donner de l'empatement au remblai.

Il est nécessaire aussi d'intercepter, au moyen de cavaliers ou de fossés, les eaux qui coulent à la surface et qui pourraient endommager les grands talus. La bande de terrain nécessaire pour loger les cavaliers, les fossés, les treillages, les haies et les sentiers qui bordent les grandes tranchées doit avoir de 1m,50 à 3 mètres de largeur, suivant les circonstances. On creuse également un fossé au pied des remblais quand l'incli-

naison générale du terrain amène vers leur pied les eaux pluviales.

Les figures 9 et 10 représentent les coupes adoptées comme



Figures 9 et 10.

types pour la voie sur les nouvelles lignes du réseau de l'est.

La largeur des fossés et de la bande de terrain qui bordent les tranchées et les remblais varie comme nous l'avons indiqué.

DU TRACÉ DE QUELQUES CHEMINS DE FER REMARQUABLES.

Nous avons présenté quelques considérations générales sur le tracé des chemins de fer, nous avons établi certaines règles pour le choix de la meilleure ligne à suivre ; ce sera placer l'exemple à côté du précepte que de nous livrer à l'examen critique du tracé de quelques-uns des chemins de fer déjà exécutés.

Les chemins de fer au point de vue de leur tracé peuvent se diviser en :

Chemins à pentes faibles.
Chemins à pentes moyennes.
Chemins à fortes pentes.

Nous appelons :

Chemins à pentes faibles, ceux dont l'inclinaison, à quelques exceptions près, reste au-dessous de 8 à 10 millimètres ;

Chemins à pentes moyennes, ceux sur lesquels on ren-

contre, sur une partie notable du parcours, des pentes atteignant 8 à 10 millimètres;

Chemins à pentes fortes, ceux dont le tracé admet, sur une certaine étendue, des rampes inclinées de plus de 10 millimètres.

Les chemins à faibles pentes, sur lesquels le transport des voyageurs s'opère à grande vitesse, sont généralement desservis dans toute leur longueur par des machines locomotives. Ce n'est que par exception que l'on a établi dans le voisinage des stations extrêmes des plans inclinés à machines fixes. Encore renonce-t-on depuis quelques années à ces machines pour leur substituer de puissantes locomotives.

Nous décrirons, parmi ces chemins :

1° Le chemin de fer de Paris à Lille et Valenciennes (chemin du Nord).

2° Les chemins de Paris à Rouen, de Lyon à Avignon et d'Avignon à Marseille, chemins qui, avec ceux de Lyon et du Havre, constituent la grande ligne du Havre à Marseille.

3° Les chemins de Saint-Germain et de Versailles, rive droite et rive gauche, et le chemin de Paris à Auteuil.

4° Les chemins anglais de Londres à Birmingham, Middland Counties Railway, North Middland Railway, et Great North Railway qui forment ensemble une des grandes artères qui s'étendent du sud au nord de l'Angleterre, de Londres à Newcastle. Sur toute l'étendue de cette ligne, les pentes ne dépassent jamais 4 millimètres et le rayon des courbes est généralement de plus de 1500 mètres.

5° Le chemin de Londres à Bristol (Great Western Railway) l'un des chemins de l'Angleterre le plus remarquable par son mode de construction et l'un des plus fréquentés.

6° Les chemins de Dublin à Kingstown et de Londres à Blackwall, établis pour de petits parcours aux abords de la capitale.

7° Enfin les chemins allemands du Nord, de Vienne à Gloggnitz, le chemin Badois et celui de Munich à Augsbourg.

Parmi les chemins à pentes moyennes, nous avons choisi comme les plus dignes d'étude :

1° Les chemins de Rouen au Havre, de Paris à Lyon, de Paris à Orléans, de Paris à Strasbourg et le chemin de ceinture de Paris.

2° Le chemin anglais de Londres à Brighton, qui peut être considéré comme le prolongement de la grande ligne de Newcastle ou d'Édimbourg à Londres vers la mer.

3° Le chemin de Londres à Douvres (South Eastern Railway) qui, avec celui de Londres à Bristol, établit, dans le sud de l'Angleterre, la communication entre la mer du Nord et l'Océan,

4° Les chemins de Liverpool à Manchester et de Manchester à Leeds, qui forment les deux chaînons les plus importants de la ligne qui réunit l'Océan à la mer du Nord, aboutissant d'une part à Liverpool et de l'autre à Hull.

5° Les chemins de Newcastle à Carlisle et de North-Shields qui traversent comme les précédents l'Angleterre de l'Orient à l'Occident.

6° Le chemin belge de la vallée de la Vesdre entre Liége et Aix-la-Chapelle.

Enfin nous classerons parmi les chemins à pentes fortes :

1° Les chemins de Glocester à Birmingham, de Hetton à Sunderland, de Darlington à Stockton, et de Cromford à Peakforest en Angleterre.

2° Ceux de Saint-Étienne à Andrezieux, Saint-Étienne à Lyon et Roanne à Saint-Étienne, d'Alais à Beaucaire en France.

3° Les chemins allemands de Vienne à Trieste, les chemins saxo-bavarois, de Brunswick à Harzbourg, et de Stuttgard à Ulm.

4° Le chemin italien de Turin à Gènes.

CHEMINS A PENTES FAIBLES.

De Paris à Lille, Valenciennes, Boulogne (CHEMIN DU NORD). — Les premières études du tracé du chemin de fer du Nord remontent à une époque déjà éloignée.

Dès 1831 et dans les années qui suivirent, des plans dressés par les soins d'une société particulière furent successivement débattus au sein des conseils municipaux et des conseils généraux des départements. A cette époque, la lutte commença entre les localités dont les intérêts étaient contraires. Elle devint plus vive lorsque les enquêtes s'ouvrirent sur les projets de M. Vallée, ingénieur en chef, chargé, en 1834, par le Gouvernement « de chercher le moyen le meilleur de réunir entre eux les trois royaumes de France, d'Angleterre et de Belgique. » Telle était la lettre de ses instructions.

Le tracé de la ligne mère avait été étudié dans deux directions principales, l'une par Saint-Denis, Creil, Saint-Quentin pour aboutir à Valenciennes; l'autre par Saint-Denis, Creil, Amiens, Arras et Lille. La première ligne conduisait directement à Bruxelles, mais elle allongeait sensiblement le parcours de Paris à Londres. La seconde entrait en communication directe avec les chemins du nord de la Belgique en se prolongeant sur Roubaix et Turcoing; elle se liait aux chemins du midi par un embranchement entre Douai et Valenciennes, et se prêtait mieux que la ligne par Saint-Quentin à la construction d'embranchements sur Boulogne, Calais et Dunkerque. Mais ce ne furent pas là les raisons qui lui firent accorder la préférence par le Gouvernement. Le ministre des travaux publics, dans le rapport qu'il présenta aux Chambres le 15 février 1838, adoptant le système défendu depuis lors par M. Teisserenc, fit valoir en faveur du tracé par Amiens le parallalélisme de la ligne de Saint-Quentin et des canaux.

« Déjà la ligne par Saint-Quentin, dit le rapport, possède une série de voies navigables les plus actives, les plus perfectionnées qui existent sur la surface du royaume; ces voies ont contribué à un développement rapide de l'industrie des contrées qu'elles traversent et à raison de la nature des marchandises qu'elles transportent et du faible prix auquel ces transports s'effectuent; elles feraient aux chemins de fer une concurrence nuisible et peut-être ruineuse. La ligne d'Amiens, au contraire,

trouve sur une partie de son développement une contrée dépourvue de communications faciles et économiques avec le centre du royaume, et qui n'attend pour donner son essor au commerce et à son industrie que les débouchés qui lui manquent ; enfin elle rencontre un canal qui aboutit à la mer et qui cette fois, loin de nuire au chemin de fer, comme la ligne de Saint-Quentin, lui viendra en aide en lui permettant de s'approprier toutes les marchandises que le canal amènera dans l'intérieur du pays. »

A cette époque on attachait encore une grande importance aux faibles pentes; « le tracé par Amiens et Arras, dit le ministre, admet des pentes dont le maximum est de 3 1/2 millimètres; mais *cette infériorité* sur le tracé primitif par Saint-Quentin dont les pentes n'étaient que de 3 millimètres est peu sensible dans la pratique, et il n'est pas démontré que les études définitives ne puissent la faire disparaître. »

Les études définitives, en réalité, loin de conduire à une réduction dans le maximum des pentes, ont porté ce maximum à 5 millièmes.

Le tracé de la ligne mère une fois arrêté, les débats ont eu lieu sur celui des embranchements vers l'Angleterre. M. Vallée avait étudié deux combinaisons différentes et donné la préférence à la construction simultanée de trois lignes, savoir : la ligne d'Amiens à Boulogne par Abbeville et Étaples; celle de Lille à Calais par Aire, Saint-Omer et Watten ; et enfin celle de Watten à Dunkerque.

De 1838 à 1843, plusieurs commissions de la Chambre des députés, la Chambre elle-même, les ministres enfin qui se succédèrent au pouvoir, eurent tour à tour à exprimer leur opinion sur la combinaison proposée par M. Vallée. Partout elle rencontra une approbation pour ainsi dire unanime.

Mais en 1843, la Compagnie avec laquelle M. le ministre des travaux publics avait traité pour l'exploitation du chemin de fer du Nord, introduisait à son tour dans le débat, un tracé nouveau, dû à la main habile et expérimentée d'un ingénieur

anglais, M. Robert Stephenson. Dans ce tracé, le point d'intersection de l'embranchement de Calais avec le tronc principal se trouvait placé non plus à Arras, mais à Ostricourt, petit village situé entre Lille et Douai.

Une commission de la Chambre des députés se prononça en faveur du tracé de M. Stephenson, mais ce tracé fut repoussé par la Chambre des pairs.

Citer le rapport rédigé à cette occasion par M. le comte Daru, c'est présenter le résumé des plus hautes considérations que l'on puisse faire valoir à l'appui du tracé d'un chemin de fer.

« Les bénéfices de l'exploitation du chemin d'Ostricourt, dit M. Daru, seront incontestablement plus considérables que ceux résultant de l'exploitation de tous les autres tracés. Non que cette augmentation probable de produits soit due à la présence, sur cette direction, de villes plus populeuses, plus riches, de routes plus fréquentées; les circonstances à cet égard sont analogues de part et d'autre ; mais elle provient de ce que les inflexions de cette ligne imposent à la circulation existante un détour, un déplacement dont le revenu profite. Autrement dit, le nombre de kilomètres parcourus est plus grand pour un même nombre de voyageurs. »

Nous avons vu d'ailleurs que ce tracé économiserait au trésor (l'État construisant le chemin) dix à douze millions.

« Voilà les avantages réels, incontestables qu'il présente. Au point de vue financier il n'y en a pas qui puisse lui être comparé.

« Dès lors on comprend que M. Stephenson qui opérait pour le compte d'une Compagnie particulière, et la commission de la Chambre des députés qui délibérait à une époque où l'industrie des chemins de fer était en souffrance, où les capitalistes se montraient timides, défiants; où la formation des associations nécessaires pour l'application de la loi du 11 juin 1842 était tout au moins fort incertaine, on comprend que M. Stephenson et la commission de la Chambre des députés se soient prononcés en faveur de la ligne d'Ostricourt.

« Reste à savoir si, abstraction faite de ces considérations particulières, le double avantage que nous venons d'indiquer (peu de frais de premier établissement et concentration du trafic), l'emporte sur le double inconvénient inhérent à l'exécution de cette ligne : l'allongement de 20 kilomètres de la distance comprise entre Paris et Londres, et l'allongement de 22 kilomètres de la distance comprise entre Lille et Dunkerque.

« La majorité de votre commission, messieurs, ne le pense pas. Le rattachement de la ligne de Calais du côté de Carvin lui paraît grever d'une manière fâcheuse et permanente des transports dont le bas prix est absolument nécessaire, ceux de la circulation partielle.

« En effet, 1° si ce tracé était adopté, Arras, chef-lieu du département du Pas-de-Calais, centre important d'expédition vers la capitale, se trouverait privé de moyens de communication avec Béthune, Lillers, Aire, Saint-Omer, c'est-à-dire avec les principaux siéges du commerce local, qui resteraient eux-mêmes sans liaison entre eux, ou, du moins, qui auraient à parcourir, pour communiquer les uns avec les autres, des distances doubles ou triples des distances réelles qui les séparent. Or, entre ces villes les échanges sont continus et les rapports fréquents. Les marchés qui s'y tiennent chaque semaine, ici pour les toiles, là pour les grains, ailleurs pour les huiles, attirent un grand nombre d'individus allant et venant sans cesse. Arras est le marché central vers lequel gravitent ces divers mouvements, qui se déplaceraient par suite des inflexions de la ligne projetée. Le chemin de fer de Carvin les attirerait vers Douai, ville aujourd'hui sans commerce, sans industrie, qui deviendrait avant peu le centre de toutes les opérations commerciales, car Ostricourt est une station trop insignifiante pour pouvoir être jamais autre chose qu'un lieu de passage sans importance. La circulation serait donc plus coûteuse, plus compliquée et troublée dans son cours et dans sa pente naturelle.

« 2° La voie de Boulogne par le littoral de la Manche, étant écartée, il convient de ne pas allonger outre mesure la route

d'Angleterre, de ne pas ajouter 20 ou 25 kilomètres encore aux 55 kilomètres de longueur que la ligne d'Arras présente de plus que la ligne de Boulogne. On peut bien penser qu'une heure d'augmentation dans la durée du trajet influera peu sur l'activité des voyages de long cours; mais on ne saurait affirmer que la circulation internationale ne souffrira point d'un allongement de 80 kilomètres et de l'élévation de la dépense qui en résulterait.

« 3° Dunkerque se trouve déjà à une grande distance de Lille par le tracé d'Hazebrouck ; il en est à 86 kilomètres, tandis que la ligne de fer directe aurait 75 kilomètres seulement. On a rejeté la pensée d'une ligne droite, comme trop dispendieuse et comme ne se reliant pas au réseau du Nord. En subissant cette nécessité, il faut éviter au moins de trop séparer l'une de l'autre, deux villes dont la communauté d'intérêts est visible et se révèle par une circulation très-considérable. Sans parler du transport des marchandises, le mouvement seul des voyageurs de l'une ou l'autre extrémité est en effet représenté par 2 000 000 de kilomètres parcourus chaque année. L'économie résultant pour les voyageurs d'une abréviation de 20 kilomètres sera donc représentée par un nombre total de 480 000 kilomètres, et, si l'on suppose que cette circulation double, hypothèse bien modérée assurément, par l'effet du chemin de fer, l'économie sera de 960 000 kilomètres, ce qui équivaut en formant pour tarif appliqué 7 actions à une valeur de 67 000 fr. par année, laquelle somme capitalisée à 4 0/0 représente 1 680 000 fr.

« Pour apprécier l'avantage financier de la combinaison d'Ostricourt, il faut tout compter, il faudrait par conséquent retrancher de la somme de 12 millions provenant de la différence des devis, celle de 1 680 000 fr. qui profiterait sans doute à la Compagnie exploitante, mais au préjudice des populations traversées. On voit donc que l'épargne est moins considérable qu'on ne le suppose; elle se réduit à 8 ou 10 millions selon les tracés, que serait-ce si l'on faisait le

même calcul pour la circulation de la ligne d'Arras à Dunkerque et à Calais ?

« 4° Enfin la ligne d'Ostricourt satisfait moins bien que celle d'Arras aux conditions de la défense. L'une se replie, en effet, vers la capitale, s'abrite derrière les rives de l'Aa, de la Deule, de la Lys et des canaux, touche à des places importantes, etc., tandis que l'autre, au contraire, remonte vers le Nord, se rapproche de la frontière, et est par cela même plus accessible aux tentatives de l'ennemi. Elle ne permet pas, en cas d'attaque, de faire arriver aussi promptement des ordres, des troupes ou des munitions sur les points menacés.

« La majorité de votre commission pense donc que de pareils inconvénients sont de nature à contre-balancer les avantages d'une exécution plus économique et d'une exploitation plus fructueuse. »

Dans une autre partie de son rapport, M. Daru s'exprimait dans les termes suivants sur le degré d'importance qu'un gouvernement doit attacher aux économies à faire sur le capital de la construction.

« Une économie de 7 630 000 francs est certes un argument considérable en faveur du tracé de M. Stephenson. Nous n'admettons pas que l'on soit recevable à le traiter avec dédain. Nous avons bien entendu formuler, nous avons même lu dans les rapports des ingénieurs, le singulier reproche que voici : « C'est là, dit-on, un tracé de compagnie, cherchant les longs « détours pour gagner davantage, et les travaux faciles pour « dépenser moins. » Et l'on ajoute d'ordinaire que le gouvernement doit être animé de préoccupations différentes, qu'il doit avoir plus de prévoyance de l'avenir, plus de soins des intérêts généraux, moins de soucis du produit net et de la dépense. Messieurs, sans discuter en ce moment les avantages ou les inconvénients des deux systèmes, nous nous permettons dès à présent de rappeler qu'aux termes de la loi du 11 juin 1842, ce n'est pas seulement la compagnie exploitante, c'est aussi et surtout le trésor qui payent les frais de construction première.

Or, l'État est intéressé, tout comme les compagnies, à mesurer les travaux sur leur utilité réelle, à proportionner les sacrifices qu'il s'impose, aux avantages qu'il espère. Le point de vue du gouvernement et celui de l'industrie privée ne sont pas aussi divergents qu'on le suppose et qu'on aime à le répéter. L'administration doit compter, elle ne doit pas affecter trop de mépris pour les considérations économiques et financières. Cela peut paraître mesquin, puéril, indigne d'un grand pays comme la France et de son gouvernement; mais à notre avis rien n'est plus sérieux, plus nécessaire et plus sage. Pour nous la question n'est pas de savoir s'il est théoriquement vrai que les compagnies ont telle ou telle tendance, que l'administration tombe dans tel ou tel excès contraire; si ces reproches que mutuellement on se renvoie de préoccupations avides ou de profusions ruineuses sont plus ou moins mérités; tout cela peut trouver place dans des discussions de système et nous n'avons pas à nous en préoccuper ici. Nous avons uniquement à voir dans chaque cas particulier, si l'importance des travaux que l'on demande est justifiée par l'importance des besoins auxquels ces travaux s'appliquent; et cela quel que soit le moyen d'action que l'on emploie, nous avons donc à examiner si une économie de 7 530 000 francs est achetée trop cher au prix d'un allongement de parcours de 20 kilomètres. Toute la question est là, nous ne faisons que la poser en ce moment, plus tard nous chercherons à la résoudre. »

Ailleurs, M. Daru examine jusqu'à quel point le gouvernement doit, en déterminant le tracé des grandes lignes de chemin de fer, respecter les existences créées, les droits acquis.

« De l'examen des faits, dit-il, il résulte que pour respecter les droits acquis ou plutôt les existences créées, établies sous la garantie et par l'effet d'habitudes anciennes, pour éviter des perturbations toujours fâcheuses dans la situation économique du pays, il faudrait donner la préférence à la ligne d'Amiens.

« D'un autre côté pour satisfaire un plus grand nombre d'in-

térêts, pour rendre plus productifs les capitaux engagés dans la spéculatiou, il faudrait donner la préférence à la ligne d'Arras.

« Ainsi voilà deux principes en présence, tous les deux utiles et bons à observer et que l'on ne peut pas appliquer simultanément. Lequel doit fléchir? Lequel doit l'emporter? Telle était la question à résoudre. Votre commission, messieurs, l'a mûrement examinée. Voici le résultat de ses délibérations.

« Il n'en est pas des chemins de fer comme des moyens vulgaires de locomotion. Les routes peuvent se multiplier, se ramifier à l'infini sur la surface du territoire, aller chercher en quelque sorte tous les besoins. Les voies de fer ne le peuvent pas. Elles entraînent avec elles trop de dépenses de construction, de surveillance, d'administration, pour que, dans l'état actuel des faits connus, on puisse songer à les distribuer, nous ne disons pas avec cette profusion, mais en proportion même de tous les besoins. Bien des révolutions s'accompliront dans la science, bien des changements s'opéreront dans la situation de l'industrie avant que le réseau voté en 1842 où les lignes les plus importantes ont pu seules trouver place, soit construit. Par conséquent, il y aura bien des souffrances, il y aura un grand trouble porté dans la situation respective des diverses localités et dans les conditions de leur richesse relative. Aussi approuvons-nous hautement la juste sollicitude avec laquelle le gouvernement et les Chambres cherchent à diminuer, autant que possible, les maux inévitables, à ménager les transitions, à éviter ces déplacements de circulation qui dépouillent les uns au profit des autres. La sagesse, la justice, l'intérêt à venir des chemins de fer le commande. C'est une règle en dessous de toute application aux cas spéciaux, la commission veut avec raison généralement l'appliquer.

« Mais lorsque l'application de cette règle a pour résultat de porter atteinte au principe fondamental de l'établissement des voies de fer, lorsqu'elle conduit à en multiplier l'emploi au delà des besoins, sans les proportionner à l'activité des rela-

tions existantes, ou à rendre ruineuses des entreprises qui auraient pu sans cela être profitables; alors mieux vaut selon nous produire un mal en quelque sorte individuel et local, par des mesures toujours regrettables en elles-mêmes, mais nécessaires, qu'un mal public et général, par des mesures conçues dans un faux esprit de conciliation. »

Les pentes du chemin de fer du Nord ne dépassent jamais 5 millièmes. De Paris à Soisy, dans la vallée de Montmorency, elles sont généralement de moins de 3 millièmes; à Soisy, on commence à s'élever vers Franconville en suivant une rampe qui a environ 6 kilomètres de longueur et dont la pente a 3 ou 4 millièmes; de Franconville on descend à Pontoise par une pente à peu près semblable. De Pontoise à Clermont les pentes sont ordinairement de 3 millièmes et au-dessous; de Clermont à Quincampoix on gravit une rampe d'environ 4 millièmes, de 21 kilomètres de longueur et de Quincampoix on redescend vers Amiens par une pente qui varie de 2 à 4 millièmes. D'Amiens à Miraumont les pentes ne dépassent généralement pas 3 millièmes. Un peu plus loin on trouve une rampe de 4 à 5 millièmes sur une longueur de 8 kilomètres, puis une pente de même inclinaison sur 5 kilomètres. Les pentes varient jusqu'à Douai entre 3, 4 et 5 millièmes; mais comme elles se succèdent sur de petites longueurs avec des inclinaisons en sens contraire, elles ne sont pas défavorables à la traction. Le profil de Douai à Templemar est à peu près semblable. De Templemar à Wattignies on suit une rampe de 5 millièmes sur 2500 mètres environ; puis le profil jusqu'à Turcoing offre une série de pentes et contre-pentes variant de 1 à 5 millièmes. Le profil de l'embranchement de Douai à Valenciennes présente une grande analogie avec celui de Douai à Turcoing.

Les courbes de Paris à Saint-Just ont toutes au delà de 1000 mètres de rayon. De Saint-Just à Amiens on trouve deux courbes de 800 mètres. Au delà d'Amiens les courbes ont également 1000 mètres au moins de rayon à l'exception de celle de

524 mètres de rayon au raccordement de l'embranchement de Valenciennes tout près de Douai, d'une autre de 500 mètres près de la station de Lille, et d'une troisième de 620 mètres à la station de Turcoing.

Les pentes de 4 à 5 millièmes ne paraissent pas nuire à l'exploitation en ce qui concerne le transport des voyageurs, mais lorsqu'elles s'étendent sur une certaine longueur et se trouvent sur des parties de trajet où la courbure du chemin accroît déjà la résistance, elles nécessitent quelquefois pour la traction des convois de marchandises l'emploi de machines de renfort.

On reproche au tracé du chemin du Nord le grand nombre de courbes, surtout dans certaines parties du trajet où il semble qu'on aurait pu les éviter, et la fâcheuse position de ces courbes dans des tranchées aux abords des stations.

A peine sorti de Paris, entre cette ville et la Chapelle Saint-Denis où sont placés les ateliers et la gare des marchandises, on trouve une partie de la ligne recourbée en S dans une tranchée où les trains ne peuvent s'apercevoir que d'une petite distance.

A Pontoise, les abords de la station placée à l'extrémité d'une tranchée courbe et près d'un pont dont les remblais masquent les convois, sont considérés comme très-dangereux. Un passage à niveau dans ces conditions eût été préférable à un pont.

A Saint-Denis, la station se trouve également près d'un pont, et entre deux tranchées dont la courbure est en sens contraire.

De Clermont à Ailly, le tracé est très-tortueux et presque toujours en tranchées ou en remblais.

A Douai les fortifications masquent les abords de la station et on avait laissé subsister, tout auprès, des ponts tournants que la compagnie a regardés comme tellement dangereux, qu'elle leur substitue des ponts fixes.

La station de Breteuil est placée sur une rampe de 2 millièmes et demi qui rend souvent difficiles la manœuvre et le départ des trains de marchandises.

On reproche aussi au tracé du chemin du Nord, la multiplicité des passages à niveau, on en compte 1 par 1200 mètres; c'est en même temps une cause d'accident et une lourde charge pour l'exploitation.

Les travaux d'art du chemin du Nord n'offrent aucune particularité digne d'intérêt. Les travaux de terrassement ont été assez considérables. Sur certains points ils ont présenté de grandes difficultés d'exécution. De ce nombre est la tranchée des Ogiers, entre Lille et la frontière belge, tranchée qui a été creusée par des procédés décrits dans le *Portefeuille de l'ingénieur*.

Deux stations sur le chemin du Nord méritent d'être étudiées, la station de départ à Paris et la station d'Amiens commune aux chemins du Nord et d'Amiens à Boulogne. La charpente de la station de Paris est remarquable par sa légèreté.

On trouve, sur le chemin du Nord, quatre stations à point de rebroussement : cèlles d'Amiens, de Lille, de Valenciennes et de Douai. On a établi des courbes de raccordement pour éviter aux convois l'entrée dans la station.

Le chemin du Nord est l'œuvre de deux habiles ingénieurs des ponts et chaussées, MM. Onfroy de Bréville et Busche.

Chemin de Paris à Rouen. — Le chemin de Rouen est l'un des chemins projetés il y a quelques années dans le système des pentes les plus faibles. Les études du projet qui a été mis à exécution ont été faites par deux ingénieurs distingués du corps des ponts et chaussées, MM. Bellanger et Polonceau que l'on a vus avec peine privés de la gloire de mettre à exécution cette grande œuvre qu'ils avaient si habilement projetée.

Ce chemin qui longe sur une grande partie de son parcours les rives de la Seine, ne présente nulle part des pentes dépassant $0^m,00562$ par mètre, et le rayon des courbes n'y est pas de moins de 1285 mètres.

Pour obtenir ce double résultat et pour diminuer le parcours, on a dû percer quelques-uns des mamelons que la rivière con-

tourne. Aussi trouve-t-on sur le chemin de Rouen plusieurs tunnels d'une certaine longueur parmi lesquels nous citerons celui de Rolleboise, long de 2700 mètres et exécuté cependant en deux années.

Le tracé du chemin de Rouen étudié à une époque où déjà l'on attachait moins d'importance à suivre la ligne la plus directe, passe cependant à 6 kilomètres environ de la ville de Louviers, et à 10 kilomètres d'Elbeuf, lorsqu'on aurait pu, sans de très-grandes dépenses, s'en rapprocher davantage.

Ce tracé n'est pas le seul qui ait été étudié. En 1834, une premier projet fut soumis aux enquêtes. Le chemin, d'après ce projet, s'éloignait considérablement de la rivière. De Paris il se dirigeait sur Saint-Denis, Pontoise, Gisors, Charleval, puis arrivé à Blainville sur Ry, au lieu de se porter vers Rouen, il se prolongeait directement et presque en ligne droite jusqu'au Havre d'un côté et jusqu'à Dieppe de l'autre. Rouen n'était alors desservi qu'au moyen d'un embranchement jeté dans la vallée de Robec et se trouvait ainsi délaissé à 20 kilomètres, sur la gauche, au fond d'une impasse et en dehors de la grande ligne de Paris à la mer.

Ce projet fut accueilli par un cri presque général de réprobation. Non-seulement la ville de Rouen fit entendre ses plaintes comme ancienne métropole de la province, comme centre du mouvement entre le Havre et Paris; mais le Havre lui-même et les populations du pays de Caux qui entretiennent avec Rouen des rapports continuels, protestèrent contre cette espèce de divorce auquel on les condamnait, ou tout au moins, contre un circuit qui devait rendre presque nul le bienfait de la vitesse.

De nouveaux projets, toujours sur la rive droite et par les plateaux, furent étudiés. De nombreuses et importantes modifications furent apportées au projet primitif. Un tracé fut proposé qui desservait la ville de Rouen, non plus au moyen d'un embranchement, mais par le chemin principal qui touchait un des boulevards de la ville et se prolongeait ensuite sur la vallée

de Deville jusqu'à la mer ; d'un autre côté, le Havre et le pays de Caux étaient mis en communication directe avec Rouen ; enfin, pour aller au-devant de toutes les objections, pour procurer à cette dernière ville un des avantages qui l'avaient séduite dans le projet de la vallée, un embranchement détaché de Charleval et descendant par la vallée de l'Andelle venait aboutir au faubourg Saint-Sever, et offrait en même temps le précieux avantage d'établir des communications rapides avec les villes d'Elbeuf et de Louviers ainsi qu'avec toutes les populations environnantes. Ce tracé fut sur le point d'être exécuté par l'ancienne Compagnie, dite des Plateaux, Compagnie qui entra en liquidation avant même d'avoir commencé les travaux.

Ce tracé des plateaux desservait la vallée de Montmorency, et tout en se prolongeant aisément d'une part sur Dieppe, et d'autre part sur le Havre, il se prêtait facilement à des embranchements sur Bruxelles, Calais et Boulogne. Il était donc, au point de vue politique, préférable au tracé sur la rive gauche. Il mariait pour ainsi dire la France avec l'Angleterre et la Belgique; mais d'un autre côté, il négligeait les riches et nombreuses populations de la partie de la vallée de la Seine comprises entre Louviers et Paris ; il ne facilitait pas les rapports avec l'ouest de la France et n'était pas protégé par le fleuve contre les agressions de l'ennemi. Enfin, et cette dernière considération a exercé, fort à tort, selon nous, une grande influence sur le choix de l'administration, il ne venait pas se souder comme le chemin actuel au chemin de Saint-Germain, et nécessitait par conséquent la construction d'une gare spéciale dans Paris.

Les chemins de Paris à Rouen, et de Rouen au Havre, ont été construits par M. Locke, ingénieur de plusieurs grandes lignes en Angleterre. Les travaux de maçonnerie de ces deux chemins ont un caractère de hardiesse particulier aux œuvres des ingénieurs anglais ; cette hardiesse dans les constructions n'a rien de dangereux ; et si l'un des plus grands viaducs du chemin du Havre s'est écroulé, cela tenait non à ses dimensions

qui étaient suffisantes, mais au peu de soin apporté dans la confection des mortiers.

Les Anglais ont aussi introduit en France d'excellentes méthodes pour l'exécution des terrassements au wagon.

Chemin de Lyon à Avignon. — Le chemin de Lyon à Avignon forme le complément de la grande ligne de communication de Paris à Marseille, de l'Océan et de la mer du Nord à la Méditerranée. Cette ligne a toujours été considérée comme l'une des plus importantes à ouvrir sur le territoire du royaume; elle se recommande d'ailleurs sous d'autres points de vue non moins dignes d'intérêt, et doit affranchir le commerce des entraves qu'apporte et qu'apportera toujours à la remonte la navigation du Rhône; elle tend en outre à maintenir au travers de notre territoire le commerce de transit de la Méditerranée sur la Suisse et sur le Rhin.

Les cotons de l'Égypte et du Levant arrivent par Trieste à Zurich et en Allemagne, à bien meilleur marché que par Marseille, et sans les douanes qui prohibent l'entrée de cette marchandise en France par la voie de terre, tous les manufacturiers de l'Alsace préféreraient la tirer de Trieste par la voie de Zurich que de Marseille.

La vallée du Rhône étant plus favorable que toute autre voie pour arriver en Alsace et en Allemagne, le contraire arrivera lorsque les chemins de fer de Marseille à Lyon et de Dijon à Mulhouse seront livrés à la circulation sur toute l'étendue du parcours.

Marseille est non-seulement le chef-lieu du midi, mais il est encore le centre du commerce de la Méditerranée. Ses relations avec le Levant, l'Égypte, l'Amérique et les Indes sont immenses ; elle en a lié de plus récentes avec Odessa et Trieste, et sa position est naturellement le nœud entre la métropole et la belle colonie d'Alger appelée à prendre dans un avenir prochain un grand développement.

Par une conséquence naturelle de ces faits, Marseille est l'une des artères qui répandent au sein du royaume le plus de

vie. Ses douanes, plus productives que celles du Havre, en font foi.

Il est donc vrai de dire que sa prospérité est, dans toute la force du terme, une richesse nationale ; la France tout entière est intéressée à ce que les sources n'en tarissent pas.

Les premières études du chemin de fer de Lyon à Avignon ont été entreprises à l'aide du fonds de 500 000 francs, voté par la loi du 27 juin 1833, et, dès l'année 1837, un projet complet revêtu de l'approbation du Conseil général des ponts et chaussées, avait pu être mis sous les yeux de la Chambre ; ce projet, sauf quelques modifications que nous allons indiquer, a été adopté tel qu'il avait été arrêté à l'époque dont nous parlons.

Le tracé se raccorde à Lyon avec celui du chemin venant de Paris dans la gare de voyageurs de la presqu'île de Perrache, traverse le Rhône sur un pont à arches de fonte, tranche le faubourg de la Guillotière et s'établit sur la rive gauche du Rhône. De ce point, il se développe dans la plaine basse de la rive gauche du fleuve jusqu'au pied du coteau de Saint-Fonds ; après quoi, il passe au-dessous de Feyssin, Solaize, Ternay, Chasse, Seyssuel et Estressin, et se développant quelquefois au pied du coteau qui limite ces plaines en longeant le Rhône au passage des rochers de Grabatton, des Roches-Piquées et des roches de Seyssuel, il s'avance jusqu'au fleuve. On arrive ainsi, après avoir traversé en coupure le petit seuil de Puissant-Dieu, à l'entrée de Vienne, sur un viaduc de 200 mètres de longueur, construit au bord du Rhône. Là, le chemin de fer franchit la route impériale de Marseille à Lyon, passe en souterrain sous le coteau de la Bâtie, sur un pont la rivière de la Gère, de nouveau en souterrain sous la ville de Vienne et débouche derrière les casernes de cavalerie, à l'extrémité sud de la ville.

De ce point le tracé se dirige successivement vers les plaines de l'Aiguille et du Bas-Pavé, se déroule entre la route impériale et le Rhône, puis, longe le fleuve au passage des

rochers de Harçon, coupe la plaine de Gerbay, se retrouve de nouveau au bord du fleuve au pied des rochers qui précèdent le village près de Condrieu, et traverse en souterrain la partie supérieure de ce village; le tracé est ensuite disposé de manière à passer au-dessous de Saint-Clair, puis dans la belle plaine basse du Péage, d'où il gagne le plateau de Saint-Rambert, en longeant immédiatement le Rhône au-devant de ce village.

Après avoir parcouru le plateau de Saint-Rambert, le tracé se développe dans la plaine basse du Creux de la Tuine, laisse derrière lui Andancelle, franchit le torrent de Bancel un peu au-dessous du rocher d'Isard, coupe la plaine de l'Aveyron, traverse de nouveau la route impériale, qu'il abandonne à sa droite, et se dirige sur Saint-Vallier, où il arrive par une longue tranchée.

Alors il s'établit derrière le bourg sous la partie supérieure duquel il passe, puis il traverse le torrent de la Galaure, après quoi, il longe la route impériale dont il contourne les sinuosités jusqu'à Ponsas. De là, il suit la base des rochers, ayant à sa droite la route et le Rhône, et arrive au village de Serves, derrière lequel il disparaît souterrainement. Après ce village, le tracé se maintient au pied des coteaux entre les villages d'Érôme et de Gervans jusqu'au commencement des rochers d'Aiguille, qui le rejettent en dehors de la route et le forcent à passer derrière la ville de Tains. Il quitte alors cette route pour traverser la plaine à l'extrémité de laquelle il rencontre de nouveau, près de l'auberge de la Mule-Blanche, la route impériale sous laquelle il passe et se dirige ensuite à peu près en ligne droite vers le plateau de la roche de Glun, jusqu'à la rivière de l'Isère qu'il traverse immédiatement en aval du pont de la route impériale.

Au delà de l'Isère, le tracé se prolonge presque en ligne droite, et parallèlement à la route, vers la ville de Valence, traverse en remblai le faubourg du Nord, et en souterrain le polygone et la promenade du Cagnard, et débouche au sud

de la ville jusqu'auprès de Livron, où il est établi sur de longs alignements au-dessous de la route impériale jusqu'à la Drôme qu'il traverse à 1160 mètres en aval du pont de ladite route. De la Drôme, le tracé se replie en se rapprochant du Rhône pour venir contourner un coteau, sillonner la plaine de Mirmande, et passer au-dessous du Logis-Neuf, de la Concourde, de Laine et de Derbières, dans l'espace resserré compris entre la route impériale et le fleuve. Il coupe ensuite en ligne droite la plaine de Montélimart, franchit la rivière torrentielle du Roubion, à environ 800 mètres en aval du pont de la route, et après s'être développé dans la plaine, contourne le coteau de Châteauneuf, pour venir côtoyer le Rhône, au-devant des rochers de Malmouche, jusqu'à la prise d'eau du canal de Pierrelatte, où il s'établit derrière le mur intérieur de ce canal et sur un mur de soutènement de 3000 mètres de longueur, jusqu'au robinet de Douzères.

Depuis le robinet de Douzères jusqu'à Mondragon, le tracé est établi d'abord à droite, puis à gauche de la route impériale sur de beaux alignements, se rapprochant de Pierrelatte et de la Palud; arrivé à Mondragon, il contourne ce village en traversant deux fois la route, puis se développe le long des coteaux qui bordent la route jusqu'à Mornas et Piolenc, arrive dans Mornas en tranchée profonde au pied des grands rochers qui dominent le village, rencontre Piolenc, coupe le seuil de Beauchêne et la vallée d'Aygues, et vient desservir à l'est la ville d'Orange.

De là il se rend par de grands alignements vers la vallée de l'Ourèze, en coupant le faîte de Pécoulette, et la descend jusqu'à Sorgues, en touchant les riches villages de Courthejon et de Bédarrides. De Sorgues il gagne le hameau du Pontet, laisse la route à gauche, et franchissant en remblai la plaine submersible d'Avignon, le long du Rhône, il contourne les remparts de cette ville à l'est et au midi, et vient enfin se rattacher à l'origine du chemin de fer d'Avignon à Marseille.

Le développement total de ce chemin depuis sa sortie de Lyon jusqu'à Avignon est de 231 kilomètres.

Le maximum des rampes et des pentes est de 5 millimètres, et encore n'en trouve-t-on d'aussi fortes que sur une longueur de 600 mètres, et de 4 millimètres sur une longueur de 375 mètres. Sur 186 kilomètres la pente ne dépasse pas 3 millimètres, le reste du chemin est divisé en 84 paliers formant ensemble une longueur de 44 kilomètres.

Trois courbes, une de 500 mètres de rayon et de 830 mètres de longueur, une seconde de 520 mètres de rayon et de 600 mètres de longueur, et une troisième de 600 mètres de rayon et de 859 mètres de longueur sont placées à l'entrée de stations principales. Deux courbes ont seulement 650 mètres de rayon, et toutes les autres au delà de 700 mètres.

Le cube total des terrassements est de 6 600 000 mètres cubes, soit, par kilomètre, environ 29 000 mètres cubes.

On ne trouve, sur ce chemin, aucune tranchée d'une grande importance. La plus considérable ne cube que 210 000 mètres.

La ligne comprend 36 gares ou stations. La gare la plus importante est celle de la Guillotière destinée spécialement au service des marchandises.

Les stations les plus considérables sont, en suivant leur ordre d'importance, celles d'Avignon, Valence, Vienne, Montélimart, Orange et Tain. L'exécution de ce chemin, livré depuis peu à l'exploitation sur la totalité de son parcours, fait honneur en même temps à M. Thirion, ingénieur en chef, à M. Paulin Talabot, directeur, et à MM. Parent, Shaken, Peto, Brassy et Cie, entrepreneurs.

Chemin d'Avignon à Marseille. — Les débats, quant au choix de la direction générale de ce chemin par Tarascon et Arles, n'ont pas été extrêmement vifs; mais dans les détails du tracé et dans ceux de l'exécution deux projets se trouvèrent en présence, celui de M. Kermaingant et celui de M. Talabot.

La première difficulté qu'il avait fallu résoudre, c'était, entre Avignon et Arles, de mettre le chemin à l'abri des inondations de la Durance et du Rhône.

M. Kermaingant proposait de renforcer seulement les digues

existantes et d'établir au delà de ces digues le chemin au milieu du sol, comme le permettait sa conformation peu accidentée.

M. Talabot au contraire voulait, en laissant les digues pour ce qu'elles étaient, placer le chemin de fer en decà sur un remblai assez élevé pour se trouver toujours au-dessus des inondations.

Le cube de terrassement nécessaire à la formation de cette levée devait être de 1 750 000 mètres cubes, et la différence qui en résultait entre les devis des deux projets s'élevait à 2 000 000 de francs, somme dont une partie aurait certainement suffi à la mise en état des digues actuelles.

Mais la question de sécurité devait avoir le pas sur celle d'économie. Il parut indispensable de mettre ce chemin pour ainsi dire en état de se défendre lui-même; et, d'ailleurs, ne protégerait-il pas comme première digue les territoires compris dans son enceinte?

Le projet de M. Talabot fut donc adopté dès 1842, à cette légère modification près, que le niveau des rails qu'il avait d'abord placé à une hauteur de 2 mètres au-dessus de la crue extraordinaire de 1840 fut abaissé de 50 centimètres par le conseil général des ponts et chaussées.

Quant à la section d'Arles à Marseille, serait-elle dirigée par le nord de l'Étang de Berre, c'est-à-dire par Saint-Chamas, comme le proposait M. Talabot; le serait-elle par le sud par Bouc et les Martigues, comme le voulait M. Kermaingant?

Telle était la question.

Le conseil général puis les Chambres la décidèrent en faveur du nord par diverses considérations, dont la plus puissante était la plus grande facilité d'un embranchement sur Aix, ville importante par elle-même, et destinée d'ailleurs à devenir un jour la tête de la ligne directe de Toulon à l'Italie.

Cependant les deux tracés ayant atteint la chaîne de l'Estaque se retrouvaient en conflit devant un commun obstacle, qu'à une époque moins avancée de l'art on eût considéré comme insurmontable. Il s'agissait de traverser la montagne de la

Nerthe, haute de 240 mètres au-dessus du niveau de la mer. Les deux projets et tous ceux que suscita cette difficulté étaient d'accord qu'on ne pouvait la vaincre qu'au moyen d'un souterrain.

Mais les opinions se divisaient sur la hauteur à laquelle il serait ouvert.

M. Talabot proposait de percer la Nerthe à 53 mètres au-dessus du niveau de la mer, ce qui plaçait la voie à 189 mètres au-dessous du point culminant du terrain supérieur et donnait lieu à un tunnel de 4600 mètres de longueur. On fut d'abord effrayé des difficultés, des dépenses et de l'incertitude d'un pareil travail; mais les autres propositions échouèrent toutes devant des objections plus graves encore.

On avait songé à élever le souterrain à 140 mètres, ce qui lui laissait encore une longueur de 1500 mêtres; mais il n'aurait pu être atteint qu'au moyen de deux plans inclinés prolongés sur les deux versants et franchis à l'aide de machines fixes ou de machines de renfort dont l'usage eût été onéreux à l'exploitation. D'ailleurs, à cette hauteur, le tracé à travers l'Estaque eût été très-tourmenté et l'ensemble du travail eût rencontré plus d'obstacles que le souterrain entier de 4600 mètres.

Tout en restant à la hauteur de 53 mètres, on aurait pu diminuer de 500 mètres la longueur du souterrain à l'aide d'une pente de 7 millimètres. Mais cette faible abréviation ne compensait pas les inconvénients d'une inclinaison plus que double de celles des autres parties du chemin.

Enfin, en donnant au souterrain une inclinaison de 3 millimètres on aurait pu relever de 13 mètres sa cote de sortie. Mais, outre que cette rampe, dans une si longue voie souterraine, pouvait n'être pas sans inconvénients, on n'abrégeait le trajet intérieur que de 100 mètres, et le chemin devait, dans ce système, suivre une direction qui l'allongeait de 7700 mètres.

Le projet de M. Talabot prévalut donc sur ce point encore. Voté en 1843, exécuté depuis sous la direction de cet ingé-

nieur, le chemin d'Avignon à Marseille est depuis 1847 livré à la circulation tel que nous allons le décrire.

Le départ se fait en aval de la ville d'Avignon selon une courbe de 1000 mètres de rayon et avec une rampe de 3 millièmes par mètre sur 1200 mètres de longueur.

Le chemin traverse la Durance sur un grand viaduc de 21 arches en anse de panier de 20 mètres d'ouverture chacune. Sa longueur totale est de 533 mètres; sa hauteur de 9 mètres au-dessus de l'étiage. Après quoi, jusqu'à Tarascon, rien de remarquable; les pentes étant toujours de 2 mill. 5 au plus et les rayons des courbes de 1000 mètres au moins.

C'est à Tarascon que se fait l'embranchement de jonction avec le chemin du Gard. A cet effet un pont a été jeté sur le Rhône, et l'embranchement, passant à Beaucaire, va rejoindre le chemin du Gard un peu au delà de cette ville.

De Tarascon à Arles, le terrain et le tracé sont encore moins accidentés que d'Avignon à Tarascon. Les pentes n'y sont plus que de 1 millième, et, tandis que, précédemment le remblai atteignait 9 mètres de hauteur en quelques points, comme au viaduc de la Durance, tandis qu'on y rencontrait quelques tranchées assez notables telles que celles de la Roque, on ne trouve ici qu'un remblai continu haut de 5 mètres au plus, mais le plus souvent de 2 ou 3 mètres. Enfin on n'y compte que deux courbes de 2000 mètres de rayon chacune.

La station d'Arles est d'une grande importance. C'est là qu'est établi l'atelier central d'entretien et de réparation de tout le matériel.

Peu après ces ateliers, le chemin traverse divers canaux et fossés sur le grand viaduc d'Arles, composé de 31 arches en anse de panier de 21 mètres d'ouverture chacune. Ce bel ouvrage d'art présente une longueur totale de 769 mètres, mais sa hauteur maxima n'est que de 8 mètres. Au delà, le tracé présente à la suite d'une courbe de 1500 mètres de rayon, un alignement droit de 33 kilomètres environ. Il passe ainsi à Raphèle, à Saint-Martin-la-Crau, à Entressen,

à Constantine, quelquefois en faible tranchée, mais le plus souvent en remblai peu élevé, ou même au niveau du sol. C'est seulement entre Constantine et Saint-Chamas que, rencontrant les croupes des chaînes qui viennent mourir près de l'étang de Berre et y forment une succession continuelle de rochers et de ravins, il présente, en plan, une série de courbes, la plupart de 1000 mètres de rayon mais parmi lesquelles il s'en trouve une de 800 mètres dans une assez forte tranchée, et, en profils, des alternances sans cesse répétées de remblais et de tranchées, dont, au reste, le cube ne s'élève guère au-dessus de 50 000 mètres.

Quant aux pentes, elles ne dépassent pas 3 millimètres.

Après Saint-Chamas, on remarque une courbe dite de Versailles de 900 mètres de rayon; une autre de 1000 mètres lui succède; et c'est dans celle-ci que se trouve compris le viaduc de Saint-Chamas. Ce viaduc est jeté sur un ravin de 385 mètres de largeur et d'une profondeur maxima de 22 mètres.

Il est formé de 49 arches en ogive de 6 mètres d'ouverture chacune ou plutôt de 24 arches et demie en plein cintre de 12 mètres entrelacées de telle sorte qu'une pile de l'une se trouve dans l'axe de l'autre et que la clef de la seconde forme la partie supérieure d'un évidement dans le tympan de la première.

Ce genre de construction tout à fait nouveau ne manque ni de solidité, ni d'élégance, ni d'originalité.

Alors, se continue sur les bords de l'étang de Berre la succession des remblais et déblais à travers ravins et rochers, sur une longueur de 6 kilomètres, et, à la suite de courbes successives de 1000 mètres et au delà, elle se poursuit jusqu'à 5 kilomètres de Saint-Chamas. Puis le chemin redevient rectiligne, et se tient presque au niveau du sol, sur une longueur de 7 kilomètres jusqu'au delà de la station de Berre. Vers ce point, à Brani, on trouve une courbe de 870 mètres de rayon de 1316 mètres de développement; puis une autre à Rognac d'une longueur de 2472 mètres mais de 1000 mètres de rayon.

On se dirige ensuite en ligne droite sur le Baoü où se trouve un viaduc de 75 mètres de longueur et de 9 mètres de hauteur seulement, composé de 7 arches inégales dont la plus grande a 12 mètres d'ouverture.

Ici reparaissent les courbes de 1000 mètres environ; l'importance des terrassements augmente et une rampe de 3 millimètres sur 8 kilomètres conduit au viaduc de la Cudière qui, d'une longueur totale de 65 mètres seulement, est formé de 7 arches en ogive de 7 mètres d'ouverture chacune, construites dans le même système que celles du viaduc de Saint-Chamas.

De là enfin, par une rampe de 2 millimètres par mètre sur 1000 mètres, on arrive à la tête nord du souterrain de la Nerthe.

La longueur de ce souterrain est de 4620 mètres, sa hauteur sous clef est de 8 mètres. Il se trouve en rampe de 2 millimètres sur la moitié de sa longueur, en pente de 1 millimètre sur l'autre moitié. Il a été déblayé à l'aide de 24 puits espacés moyennement de 200 mètres, et dont le plus grand a 180 mètres de profondeur.

Les difficultés de ce percement et son prix de revient par mètre ont été à peu près les mêmes que pour le souterrain de Blaizy sur la ligne de Paris à Lyon : nous renvoyons donc pour plus de détails à la description de ce dernier chemin.

A la sortie de la Nerthe le tracé présente, en plan, plusieurs courbes consécutives de 1000 mètres de rayon et une de 850, et, sur le profil, une suite de ravins dont le plus grand a 17 mètres de profondeur et que l'on franchit au moyen, 1° de deux viaducs, l'un de 5 arches ogivales ordinaires de 8 mètres, l'autre de 7 arches en plein cintre aussi de 8 mètres d'ouverture; 2° d'un remblai avec mur de soutènement de 90 mètres de long indépendamment des remblais ordinaires.

On arrive ainsi à la station de l'Estaque, d'où l'on sort par une courbe de 1000 mètres, puis, dans le cours d'un alignement droit de 5 kilomètres, on passe à Séon où l'on trouve un petit souterrain de 460 mètres seulement, et l'on continue jusqu'à

Saint-Joseph. On parvient ensuite à Saint-Barthélemy par une courbe de 2000 mètres de rayon, et enfin à Marseille par une dernière de 1000 mètres.

Dans ce trajet de 11 kilomètres entre la Nerthe et Marseille, mais surtout jusqu'au petit souterrain dont nous avons parlé, le remblai succède continuellement au déblai, *et vice versa*, donnant lieu aussi à des terrassements plus multipliés et irréguliers que considérables.

Quant aux pentes et rampes, elles y sont toutes de 1 millimètre, à l'exception de celle d'arrivée à Marseille qui est de 2 millimètres 1/2.

En résumé le chemin d'Avignon à Marseille a cela de particulier que sur un parcours total de 120 kilomètres, dont près de la moitié à travers un pays de montagnes, il ne présente aucune pente supérieure à 3 millimètres, et n'a nécessité que fort peu de courbes de moins de 1000 mètres de rayon.

Chemin de Paris à Saint-Germain et de Paris à Auteuil. —Le chemin de fer de Saint-Germain, construit par MM. Lamé, Clapeyron et Stéphane Mony, à une époque où les machines locomotives étaient loin d'avoir atteint leur état de perfection actuel, a été établi à grands frais avec des pentes qui ne dépassent pas 1 millimètre et des courbes dont le rayon ne descend pas au-dessous de 2000 mètres.

Les courbes étant de niveau tandis que les alignements ont 1 millimètre de pente, les ingénieurs avaient calculé que l'effort de traction nécessaire pour gravir les pentes en ligne droite était égal à celui qu'exigeait le parcours des courbes de 2000 mètres de rayon et de niveau, en sorte que l'effort des locomotives serait le même sur des rampes ou dans les parties de niveau.

On aurait évité de grandes dépenses de construction sans augmenter sensiblement les frais d'exploitation en admettant des pentes plus fortes et en réduisant le rayon des courbes.

Le chemin de fer de Saint-Germain devait, dans l'origine, s'étendre jusqu'à la Madeleine. On a sagement renoncé à ce

projet, et la gare d'arrivée s'est trouvée définitivement placée rue Saint-Lazare, où elle dessert en même temps les chemins de Versailles (rive droite), d'Auteuil, de Rouen et de l'Ouest.

En revanche le railway qui, pendant longtemps, s'arrêtait au Pecq, au bas de la colline de Saint-Germain, a été prolongé jusqu'à l'entrée de la forêt au moyen d'un plan incliné que l'on remonte à l'aide du système atmosphérique.

Les travaux de ce plan incliné ont été étudiés et conduits avec une rare habileté par M. Eugène Flachat, ingénieur civil, l'un des auteurs du projet primitif du chemin de Saint-Germain. Nous aurons l'occasion de les décrire plus loin en traitant de ce nouveau système de locomotion.

Tout récemment, enfin, la Compagnie de Saint-Germain a construit un embranchement de 4200 mètres de longueur entre Asnières et Argenteuil, et le 2 mai dernier elle a inauguré le chemin d'Auteuil[1]. Par les conditions spéciales de son établissement et de son exploitation, avec une circulation qui atteignait déjà 8000 personnes par jour pendant le mois de mai dernier, et qui s'élevait au chiffre énorme de 20 130 voyageurs le premier dimanche de sa mise en exploitation, cette dernière ligne offre, sans contredit, le plus curieux exemple du chemin de banlieue qu'il soit possible de rencontrer. Les renseignements suivants, que nous devons à l'obligeance de MM. les ingénieurs de Saint-Germain, feront bien comprendre les sujétions imposées à cet embranchement et les procédés élégants adoptés pour son exécution.

L'embranchement sur Auteuil se détache du chemin de fer de Saint-Germain, à la sortie du souterrain des Batignolles, à 1100 mètres environ de l'origine du chemin de fer. Son tracé est compris, comme celui du chemin de fer de ceinture, entre le mur d'octroi et l'enceinte fortifiée; il traverse la plaine de Courcelles, à peu près à égale distance de ces deux murs; il

1. La description de ce chemin est extraite des *Annales des ponts et chaussées* (mai et juin 1854).

suit cette direction dans le village des Thernes en appuyant un peu sur la droite et arrive au pied des fortifications, à l'avenue de Neuilly (route n° 13); au delà de cette avenue il prend un peu sur la route militaire qu'il suit régulièrement jusqu'à l'avenue Dauphine.

Le tracé s'éloigne alors des fortifications pour éviter le parc de la Muette; il traverse l'avenue de Saint-Cloud (route départementale n° 46) au point où la rue de la Tour vient y déboucher, passe derrière la grande Muette et arrive sur le quinconce de Passy après avoir traversé la petite Muette. Il suit, au delà, la ligne des maisons qui bordent le quinconce, et vient retrouver la route stratégique qu'il laisse à sa droite, pour entrer dans le parc de Montmorency, à l'extrémité duquel se trouve la station d'Auteuil sur la route départementale n° 29, de Paris à Boulogne.

Une condition expresse de la concession a été de passer sous toutes les routes que rencontre le tracé; le profil, pour satisfaire à cette condition et avoir le moins de déblais possibles, a dû être accidenté. En quittant la ligne de Saint-Germain, il descend par une pente de $0^m,005$, et passe à Batignolles sous les rues d'Orléans, Cardinet, de la Gare, de la Santé, sous la route départementale n° 33, de Paris à Asnières; puis il travers en palier, sous les rues de Courcelles, Lombard, de la Chaumière et de l'Arcade; il passe sous la rue de Villiers avec une pente de $0^m,003$, et remonte ensuite par une pente de $0^m,009$, jusqu'au delà de la route impériale n° 12 (vieille route de Neuilly), et après avoir coupé les terrains non bâtis de Ferdinanville, entre sous la route impériale n° 13 (avenue de Neuilly), dans un souterrain de 140 mètres de longueur, sur lequel est ouverte aussi l'avenue de Saint-Denis (route départementale n° 9). Après une rampe de $0^m,001$ jusqu'à l'avenue Dauphine, on reprend une rampe de $0^m,0088$ sous l'avenue de Saint-Cloud, et on arrive à Passy par un palier, sous la chaussée de la Muette (route départementale n° 2). On se retrouve alors, pour la première fois, hors du sol, sur le quinconce

de Passy, que l'on suit par un remblai de 1 mètre au maximum, toujours en palier. A l'extrémité du quinconce, commence une pente de $0^m,004$ pour descendre sur Auteuil; les déblais recommencent jusqu'à l'extrémité du parc, et on arrive à la station d'Auteuil, sur le chemin de Boulogne (route départementale n° 29), par un remblai de $4^m,50$ de hauteur.

Tous ces passages en dessous ont été faits sur le même type, quelle que soit la largeur que le décret ait imposée aux différents passages.

Dans les passages trop biais pour faire des poutres d'une seule portée, parce que l'épaisseur du tablier ne permettait pas d'augmenter la hauteur des poutres, on a dû mettre dans l'entre-voie des colonnes en fonte qui ont divisé la poutre en deux. Dans ce cas, l'espace entre les culées a été porté de 7 mètres à $7^m,60$, pour laisser le rail toujours à la même distance des supports. Toutes les dimensions des fontes ont été calculées pour ne pas travailler à un effort de plus de trois kilogrammes par millimètre carré de section.

Le tracé passe ainsi sous quinze voies de communication. Les onze premières, qui sont des voies communales, sauf la route d'Asnières, ont de 8 à 9 mètres de largeur; la route d'Asnières en a douze. L'avenue des Thernes a 35 mètres de largeur; l'avenue de Neuilly, 144; l'avenue Dauphine, 185; l'avenue de Saint-Cloud, 56, et l'avenue de la Muette, 120.

Un point assez intéressant a été le passage du chemin de fer sous une maison à deux étages, située sur le quinconce de Passy. Cette maison était construite sur la masse à enlever. On a posé des chevalements qui permettaient le passage de la tranchée nécessaire pour la construction des murs de soutènement; les murs construits, on a posé des poutres en tôle au lieu de poutres en fonte, avec des sommiers et des voûtes en briques; enfin sur ces poutres on a placé d'autres poutres en tôle sous les murs de la maison; malgré le peu de solidité de sa construction, le travail s'est fait sans mouvement apparent dans les plâtres.

La disposition des stations a été faite sur un même type. Sauf celle d'Auteuil, elles sont toutes placées au-dessus du chemin de fer et forment une continuation des souterrains dont la longueur imposée à la Compagnie était beaucoup plus que suffisante pour le passage des routes. Elles se composent d'une salle d'attente avec un bureau de distribution, et d'un grand corridor conduisant aux escaliers qui mènent aux quais.

Les quais ont une hauteur de 1 mètre, et sont recouverts par une toiture métallique portée sur des colonnes et sur les murs.

Les colonnes sont placées sur le quai, à 2 mètres des bords; elles portent des chéneaux qui forment entablement; sur ces chéneaux viennent s'ajuster, du côté de la voie, un arc en tôle ondulée, qui va d'un quai à l'autre, et du côté du mur, une petite ferme en fonte qui supporte une vitrine. Dans la tôle ondulée, les jours sont pris par des arcs en fer à vitres, qui s'assemblent aux tôles.

Dans deux stations, cette disposition a été simplifiée, et les chéneaux portent directement sur les murs; l'arc en tôle ondulée couvre alors toute la station.

L'embranchement d'Auteuil, sur ses 8 kilomètres de parcours, dessert six stations à la rencontre des principales voies de communication.

L'exploitation du chemin de fer d'Auteuil a nécessité la création d'un matériel supplémentaire de celui de la Compagnie de Paris à Saint-Germain.

Pour satisfaire à l'exigence d'un parcours rapide, malgré l'extrême rapprochement des stations, les locomotives devaient pouvoir démarrer et s'arrêter beaucoup plus vite qu'on ne le fait sur les grandes lignes. Les dispositions arrêtées par M. Charles Rhoné, ancien élève de l'école centrale, atteignent parfaitement le but proposé et méritent au plus haut degré de fixer l'attention des ingénieurs et des constructeurs. Nous les décrirons au chapitre des locomotives.

Chemin de Dublin à Kingstown[1]. — Le point de départ du chemin de fer de Dublin à Kingstown est situé dans l'intérieur même de la ville de Dublin, à vingt pieds au-dessus du sol, dans une rue appelée *Westland-Row*.

Ce chemin traverse les rues étroites sur des ponts élégants d'une seule arche et les rues les plus larges sur des ponts composés de trois arches; une petite au-dessus de chaque trottoir et une grande au-dessus de la chaussée.

L'espace d'une rue à l'autre est occupé par des remblais de sable, gravier, etc., compris entre de grands murs en pierre calcaire provenant des carrières de Donybrook.

La largeur du railway, du point de départ à Westland-Row jusqu'au quai de Dublin, est de 18 mètres entre les parapets, et est calculée pour permettre la pose de quatre voies.

De ces quatre voies, les deux du milieu sont destinées aux voyageurs allant dans un sens ou dans l'autre, et les deux voies extrêmes sont consacrées au transport des marchandises.

Cette disposition permet d'opérer le chargement et le déchargement des marchandises, avec la plus grande facilité, sans gêner en aucune manière le service des voyageurs.

Arrivé au quai des docks, on trouve le chemin de fer établi sur un magnifique pont bâti en granit à trois arches, posées en partie sur ce quai, et en partie dans le dock même.

Une des arches couvre une nouvelle rue qui occupe une partie de la largeur du quai qu'on laisse subsister; sous la troisième passent les bateaux naviguant le long des murs des docks.

Au delà des docks, la largeur du chemin de fer diminue, et les quatre voies se réduisent à deux, dont l'écartement toutefois est encore de $2^{m},50$ environ, ce qui est considérable.

Les remblais s'abaissent; on rencontre encore plusieurs ponts servant à passer au-dessus des routes, puis un pont sur la rivière Dodder, et enfin le chemin de fer se trouve au niveau

1. Extrait du *Journal de l'Industrie et du Capitaliste*.

du sol. C'est dans cet endroit, où le chemin rencontre la surface du sol, que l'on a établi les ateliers de construction et de réparation des machines.

De ce point jusqu'aux rivages de la mer, le chemin de fer, établi en plaine, est bordé par de larges fossés, dont le but n'est pas seulement de donner écoulement aux eaux qui pourraient le dégrader, mais encore de le protéger contre les irruptions du bétail. Il traverse plusieurs routes de niveau, entre des barrières confiées aux soins de gardes spéciaux.

A Old-Merrion, le spectacle change; au moment du flux, on découvre tout à coup une immense jetée baignée par les eaux de la mer. C'est le chemin lui-même qui, construit sur cette jetée, plonge pour ainsi dire dans la mer, et sur lequel on voit par moment apparaître subitement et disparaître avec la rapidité de l'éclair, des machines locomotives qui semblent glisser à la surface de l'eau.

Si l'on est frappé d'admiration devant ce magnifique travail, on éprouve aussi un sentiment de satisfaction en voyant la mer déposer tranquillement des amas de sable qui protégent le talus contre l'action des vagues à laquelle on prétendait qu'il ne pourrait pas résister.

Aux basses eaux, la jetée percée d'arches nombreuses, donnant passage à l'eau qui alimente plusieurs établissements de bains, n'est plus qu'un simple viaduc établi sur le rivage.

Le railway n'a pas seul trouvé place sur cette digue colossale. Une promenade délicieuse, pendant les soirées d'été, a été ménagée parallèlement au chemin de fer.

A Booters-Town, on a établi une jetée perpendiculaire à celle que nous venons de décrire, pour communiquer avec la côte, et on a de cette manière rendu à l'agriculture une étendue de terrain qui n'a pas moins de cinquante acres.

A Black-Rock, où se termine la grande jetée, la Compagnie du chemin de fer elle-même a fait construire un superbe établissement de bains.

De Black-Rock à Kingstown, le chemin de fer est établi sur

une chaussée à mi-côte, remarquable par la hauteur des murs qui la protégent contre les éboulements du côté de la terre; puis il traverse la délicieuse propriété de lord Cloncurry, pénètre sous terre par une galerie suivie d'une tranchée profonde de 12 mètres, et enfin arrive à Kingstown après avoir sauté de rocher en rocher.

A Kingstown, il traverse l'ancien port de Dunleary, dont une partie a été comblée.

Il passe ensuite entre la tour de Martello et la batterie opposée à Crofton-Terrace, dans une profonde tranchée.

De la batterie aux dépôts de l'amirauté, le chemin côtoie le port au travers de chantiers où se rencontrent les bois du Canada et ceux de la Norvége.

Le chemin passe enfin derrière les dépôts de l'amirauté et se termine par une gare vis-à-vis la cour des commissaires (Commissioners' yard).

De Dunleary jusqu'à ce point extrême, le chemin de fer marche parallèlement à une route dont il est séparé par une grille de fer.

Le chemin de Dublin à Kingstown a été établi, comme une partie des chemins de fer de construction ancienne, sur des dés qui ont 0m,60 de côté, éloignés de 0m,90, d'axe en axe, suivant la longueur du chemin.

Ces dés sont en granit, et de 4m,60 en 4m,60, c'est-à-dire aux extrémités de chaque rail, on a placé un dé qui traverse la voie, de manière à relier les bandes de fer placées de l'un et de l'autre côté du chemin.

Nous ne connaissons pas la longueur exacte de ce chemin, elle doit être d'environ 10 à 12 kilomètres seulement.

Chemin de Londres à Birmingham. — Georges Stephenson venait de terminer le chemin de Liverpool à Manchester, lorsque son fils Robert entreprit celui de Londres à Birmingham.

Ce chemin est un des plus importants de l'Angleterre, puisque c'est la grande route de Londres vers le nord; c'est aussi un des chemins établis avec le plus de soin.

Construit à une époque où les machines locomotives en usage étaient faibles comparativement à celles que l'on emploie aujourd'hui, et où d'ailleurs on sacrifiait assez volontiers la question financière à la question d'art, le chemin de Londres à Birmingham a été établi à grands frais dans le système des plus faibles pentes.

Il est vrai qu'à la sortie de Londres, les voyageurs sont obligés de remonter une rampe dont l'inclinaison variant de 1 1/2 centième à 7 millièmes est en moyenne de 1 centième, mais du sommet de cette rampe jusqu'à Birmingham, les pentes ne dépassent pas 3 millimètres par mètre, et le rayon des courbes ne descend que dans un seul cas par exception, à 540 mètres.

Le plan incliné à la sortie de Londres a été longtemps desservi par deux puissantes machines fixes. Si l'on se servait alors de machines fixes, ce n'était pas que l'on considérât la rampe comme impraticable pour les locomotives, mais le mode d'exploitation par locomotives paraissait peu avantageux parce que le plan incliné se trouvant à la sortie de la station, les locomotives n'avaient pas le temps d'acquérir une vitesse suffisante au moment où elles atteignaient le pied de la rampe, et qu'ainsi la vitesse avec laquelle elles pouvaient remonter les convois était généralement plus faible que celles que produisaient les machines fixes. D'ailleurs, comme les locomotives ne peuvent développer leur force qu'en vertu de l'adhérence de leurs roues motrices sur les rails, on craignait que, comme les brouillards de la Tamise rendent les rails constamment humides, deux locomotives, telles qu'on les construisait alors, ne fussent insuffisantes pour remorquer un convoi de huit voitures.

Aujourd'hui que l'on emploie des locomotives plus puissantes, on a entièrement renoncé au service des machines fixes.

Les travaux de terrassement exécutés pour l'établissement du chemin de Londres à Birmingham sont immenses.

Parmi plusieurs tranchées considérables ouvertes sur cette ligne, on distingue la tranchée du Tring qui a 4000 mètres en-

viron de longueur, et 17 mètres de profondeur sur près de 400 mètres. Le cube des terres extraites de cette immense tranchée n'est pas moindre de 1 100 000 mètres. Une partie de ces terres déposées en cavaliers sur les bords de l'excavation a été élevée à la surface par des procédés que nous décrirons plus loin.

La tranchée de Blisworth, la plus importante du chemin de Londres à Birmingham après celle de Tring, cube 700 000 mètres. On a rencontré dans l'exécution de ce travail de grandes difficultés ; la partie supérieure, composée de roc dur, a été enlevée à la poudre. Sous ce rocher se trouvait une couche d'argile coulante, on n'a pu soutenir les talus dans cette argile qu'au moyen de murs très-dispendieux réunis dans le bas par un radier.

Dans d'autres tranchées, il s'est manifesté des éboulements que l'on a eu grand'peine à contenir.

Le volume de certains remblais du chemin de Londres à Birmingham, sans atteindre celui des tranchées, n'en est pas moins considérable. Le remblai de Wolverton cubant environ 400000 mètres, élevé sur un terrain marécageux, n'a cessé de s'affaisser que lorsqu'en élargissant sa base on est parvenu à en diminuer suffisamment la pression sur le sol.

Le viaduc de Wolverton, composé de six arches surbaissées en briques, a 200 mètres de longueur.

A Birmingham et sur plusieurs points de la ligne, on trouve d'autres viaducs en briques également importants.

Middland-Counties-Railway. — Le Middland-Counties-Railway réunissant le chemin de Londres à Birmingham au North-Middland, se détache du premier à la station de Rugby et se soude au North-Middland à Derby. Il passe à Nottingham et Leicester. C'est en 1836 que la Compagnie concescessionnaire a obtenu l'autorisation de le construire. Il a été ouvert dans toute sa longueur en mai 1840.

Les plus fortes pentes y sont de 3 millièmes. Les courbes y sont toutes de grand rayon.

Le cube moyen des terrassements sur ce chemin est de 45 600 mètres cubes par kilomètre.

Le nombre des ponts en dessus ou en dessous est de 148. Les souterrains sont au nombre de trois, dont la longueur totale n'est que de 285 mètres.

Greath-North-Railway.— Ce chemin, long de 75^{kil},623, a été concédé en 1836, avec un grand nombre d'autres. Il s'étend de York à Newcastle et se relie au North-Middland par un embranchement. On n'y trouve pas de pentes dépassant 2 1/2 millimètres. Son tracé est presque entièrement en ligne droite.

Le cube des terrassements n'est que de 15 290 mètres cubes par kilomètre; le nombre des ponts en dessus ou en dessous est de 42.

North-Middland-Railway.—Le North-Middland-Railway, ainsi qu'on peut le voir sur la carte, constitue avec le Middland-Counties-Railway et une grande partie du chemin de Londres à Birmingham une des grandes lignes qui s'étendent du sud au nord de l'Angleterre, de Londres à Newcastle; sa longueur est de 117 kilomètres.

Toutes les courbes sur ce chemin ont 1600 mètres au moins de rayon, et les pentes n'y dépassent pas 4 millimètres. Si donc on se reporte à la description que nous avons donnée du tracé du chemin de Londres à Birmingham et du Middland-Counties-Railway, on remarquera que nulle part, sur le chemin de Londres à Newcastle, par Rugby, exception faite d'une très-petite partie du parcours, les pentes ne dépassent 4 millièmes, et que le rayon des courbes excède généralement 1500 mètres. Il en est de même sur le grand chemin transversal de Douvres à Bristol, tandis que les lignes de Liverpool à Hull et de Newcastle à Carlisle ont été tracées au contraire avec des pentes d'environ un centième et des courbes de moindre rayon.

Les travaux de terrassement du North-Middland-Railway, s'élevant à 62 000 mètres cubes par kilomètre sont considérables.

Les plus importants sont la tranchée de Vakecshan, dont le cube est de 460 000 mètres; et celle de Normanton cubant 382 000 mètres. Les souterrains sont au nombre de 7, longs de 3500 mètres; le plus considérable a 536 mètres.

On trouve sur le North - Middland - Counties - Railway 133 ponts ou viaducs, parmi lesquels on distingue le grand viaduc de Calder composé d'une arche de 27 mètres d'ouverture, et de cinq autres de 18 mètres.

Le North-Middland-Railway est le plus remarquable de l'Angleterre avec le Great-Western ou le chemin de Bristol pour le luxe des stations.

La grande station de Derby, où se croisent trois chemins de fer et dans laquelle on a concentré le service des voyageurs, des marchandises et des ateliers, est une des plus intéressantes à étudier. Elle a été décrite dans le *Portefeuille de l'Ingénieur*.

Les autres stations ont été construites dans un style d'architecture élégant et varié.

Chemin de Londres à Bristol. — Le chemin de Londres à Bristol, désigné en Angleterre par le nom de Grand-Occident (Great-Western Railway), n'est pas seulement l'un des plus importants de la Grande-Bretagne comme l'une des lignes les plus commerciales de ce pays, il est encore, au point de vue technique, l'un des plus dignes d'étude.

Tout, sur ce chemin construit par Brunel fils, porte un cachet d'originalité. Le tracé en est remarquable; la voie, le matériel, les stations présentent des dispositions qui fixent l'attention des ingénieurs.

La pensée qui a présidé au choix du tracé est la même que celle qui a guidé dans l'étude du chemin de Londres à Birmingham construit vers la même époque. On n'a épargné ni soins ni dépenses pour réduire autant que possible l'inclinaison des rampes et pour agrandir le rayon des courbes.

De Londres à l'embranchement d'Oxford, partie de la ligne la plus fréquentée, les pentes, sur une grande longueur, n'excè-

dent pas 7 dixièmes de millimètres. Puis jusqu'au plateau le plus élevé, à Swindon, le chemin continue à s'élever graduellement sans aucune ondulation avec une inclinaison de 11 dixièmes de millimètre. De ce point culminant enfin le chemin redescend vers Bristol.

Sur cette partie de la ligne la configuration du terrain a nécessité des pentes supérieures à celles qui précèdent, mais l'ingénieur les a concentrées sur un espace comparativement court en adoptant des rampes opposées inclinées chacune de 9 millièmes 1/2, l'une ayant 1200 mètres de longueur, l'autre 4000 mètres. Les pentes intermédiaires ne dépassent nulle part $2^{mm},9$. C'est sur la dernière rampe de 9 millièmes 1/2 que se trouve le souterrain de Box qui est le seul passage difficile de toute la ligne.

Le rayon des courbes est plus grand que sur tout autre chemin de fer, puisqu'il est généralement de 6400 à 11 000 mètres.

Parmi les travaux remarquables exécutés sur le chemin de Bristol, il faut nommer le pont sur la Tamise, à Maidenhead; c'est le travail le plus hardi qui ait été exécuté en petits matériaux.

Il se compose de deux grandes arches elliptiques ayant chacune 28 mètres 90 centimètres d'ouverture, c'est-à-dire 60 centimètres seulement de moins que le nouveau pont de Londres construit en granit et l'un des plus beaux ponts en pierre que l'on connaisse.

La largeur de la voie sur le chemin de Londres à Bristol est presque le double de celle de la plupart des grandes lignes d'Angleterre (7 pieds au lieu de 4 pieds 8 pouces). M Brunel, en élargissant ainsi la voie, s'est proposé principalement de faciliter l'emploi de machines de plus grandes dimensions capables de traîner de plus lourdes charges à de plus grandes vitesses. Nous verrons plus loin jusqu'à quel point cette modification est heureuse.

Ce n'est pas seulement par les dimensions que la voie du

chemin de Bristol diffère des autres chemins de fer, elle offre aussi un mode de construction qui lui est particulier.

Sur la plupart des autres chemins les rails sont en fer plein, et ils sont fixés par des pièces en fonte nommées coussinets et des traversines en bois qui servent de fondation à la voie : sur le chemin de Bristol, les rails sont au contraire en fer creux, cloués à des solives en bois qui en deviennent pour ainsi dire parties intégrantes, et ces rails en bois et fer sont fixés sans intermédiaire aux traversines qui reposent sur la chaussée. Le chemin ainsi construit est plus élastique, et par suite le mouvement des machines et des voitures y est plus doux.

Dans l'origine, une partie des traverses étaient fixées au sol au moyen de pieux faisant office de pilotis; mais on a, depuis lors, supprimé ces pieux entre lesquels la voie, fléchissant outre mesure, finissait par se courber.

Les machines locomotives et les voitures du chemin de Bristol aussi bien que la voie ne sont pas seulement intéressantes par leurs dimensions exceptionnelles, elles présentent des dispositions particulières. Nous nous réservons d'en parler dans la partie technique de cet ouvrage.

Plusieurs des stations, celle de Windsor, par exemple, ont cela de remarquable que, par suite d'une combinaison des voies que nous décrirons plus loin, le départ et l'arrivée ont lieu du même côté, tandis que sur les autres chemins, ainsi que chacun le sait, on part d'un côté et on arrive de l'autre.

Le chemin de Bristol a coûté excessivement cher, puisque le prix du kilomètre s'élève à 886 000 fr., mais les produits se sont heureusement trouvés en rapport avec la dépense.

Chemin de Versailles. — Des deux chemins de Paris à Versailles, celui de la rive gauche, plus particulièrement, offre une preuve frappante de la nécessité de ne pas sacrifier dans l'étude des chemins de fer toute considération financière aux considérations techniques.

Tout le monde conviendra aujourd'hui qu'aucun des deux tracés admis pour ces deux chemins n'était le meilleur.

On avait proposé un troisième tracé bien préférable. Ce tracé partant de l'extrémité du Cours-la-Reine passait sous la montagne de Chaillot par un souterrain de 940 mètres, traversait la plaine de Passy et le bois de Boulogne, franchissait la Seine sur un pont à 13m,28c au-dessus de l'étiage, puis se développait sur les coteaux de la rive gauche, passait derrière les villages de Suresne et de Puteaux, entrait dans le parc de Saint-Cloud et suivait jusqu'à Versailles une direction à peu près semblable à celle que suit celui de la rive droite.

Les résultats de l'enquête avaient été favorables à ce projet, mais il a été rejeté par l'administration des ponts et chaussées à cause de la grandeur des pentes qui étaient, sur une partie du parcours, de 8 millimètres 1/2.

Cette pente était cependant parfaitement admissible, même en supposant l'emploi de machines médiocrement puissantes, pour ce chemin sur lequel les convois ne marchent avec charge complète que les jours de fête, et, comme nous l'avons déjà fait observer, elle n'était nullement dangereuse. Elle est plus faible que la pente adoptée sur le tronc commun aux chemins de Londres à Douvres et de Londres à Brighton. Ce chemin central n'eût pas coûté plus cher que chacun des chemins de Versailles (rive droite et rive gauche), il eût été plus court, son point d'arrivée dans Paris eût été infiniment mieux placé. Il eût desservi Saint-Cloud et une partie des villages auxquels aboutissent les chemins actuels, enfin il eût donné lieu à une excellente spéculation, tandis que les chemins actuels ont été peu avantageux à leurs actionnaires. Mais revenons au chemin de Versailles (rive gauche).

Ce chemin devait partir, dès l'origine, d'un point situé dans l'intérieur de Paris, soit rue d'Assas, soit au carrefour de la Croix-Rouge, soit à la place Saint-Sulpice; mais la Compagnie adjudicataire, effrayée du surcroît de dépenses, a cru devoir s'arrêter au dehors de la barrière, sur la chaussée du Maine.

De ce point le chemin s'élève, par une rampe uniforme de 4 millimètres, jusqu'aux portes de Versailles, et il entre dans

cette ville par une rampe de 935 mètres de longueur et de 1 centimètre d'inclinaison. On a été obligé, pour maintenir l'inclinaison de 4 millimètres prescrite par les cahiers des charges, d'exécuter des travaux immenses de terrassement et d'élever un grand viaduc sur un mauvais sol. On eût évité une partie de ces travaux et économisé plusieurs millions en augmentant cette rampe; mais l'administration s'est montrée d'une rigueur extrême à l'égard de la Compagnie en lui refusant un accroissement de 1 dixième de millimètre seulement!!... Puis, lorsque plus tard les travaux ont été suspendus par défaut de capitaux, elle a passé d'une sévérité exagérée à une indulgence excessive, en accordant à la Compagnie, non-seulement l'établissement d'une rampe de 1 centième à l'entrée de Versailles, ce qui était sans inconvénient, mais encore en autorisant la substitution de passages de niveau à des ponts, sur certains points où ces passages, placés à l'extrémité de courbes en tranchée, sont fort dangereux, et en permettant l'ouverture d'un chemin inachevé et par suite très-imparfait. Les travaux de terrassement sur cette ligne ont été considérables, puisque le cube moyen des terrassements par kilomètre s'est élevé à 72000 mètres, atteignant ainsi le chiffre des terrassements sur le chemin de Bristol.

Le principal travail d'art du chemin de Versailles (rive gauche) est le grand viaduc du val Fleury, étudié par M. Payen, inspecteur général des ponts et chaussées. Nous donnerons plus loin la description de ce viaduc.

On remarque aussi sur ce chemin les moyens employés pour consolider les talus de plusieurs tranchées ouvertes dans le sable glaiseux et ceux des remblais voisins.

Le chemin de fer de Versailles (rive gauche), devenu l'une des têtes du chemin de l'Ouest, a été prolongé jusqu'au boulevard Montparnasse.

Chemin de fer du Nord en Autriche. — Ce chemin dont les études remontent à 1830, a été concédé en 1836 à la maison Rotschild. Commençant au Prater, à Vienne, il franchit le

Danube au moyen de deux ponts sur palées en bois. Le tracé a présenté peu de difficultés, si ce n'est sur l'embranchement de Brünn, où il a fallu mettre la voie à l'abri des inondations et franchir quelques vallées transversales sur des viaducs d'une grande longueur. Ses pentes sont très-favorables et ne dépassent pas $3^{m},3$ par mètre, même au passage de la ligne de faîte qui sépare le bassin du Danube de celui de l'Oder; mais on y rencontre des courbes de 570 mètres de rayon.

Chemin de fer de Vienne à Gloggnitz. — Le chemin de Vienne à Gloggnitz fut concédé à M. le baron de Sina en 1836, à peu près à la même époque que le chemin du Nord à M. le baron de Rotschild. Il fait partie de la grande ligne de Vienne à Trieste, qui servira d'intermédiaire pour toutes les relations de l'Allemagne avec la Méditerranée.

Sur une longueur de $18^{k},40$, qui représente à peu près le quart du parcours total, les pentes de ce chemin atteignent de 6,6 à 7,7 millièmes; le rayon minimum des courbes est de 1600 mètrès.

Les ouvrages les plus remarquables du chemin de Gloggnitz sont le viaduc de Baden de 30 arches, un pont en bois dans le système américain d'une portée de $37^{m},93$ et le passage du cours d'eau qui alimente le moulin de Perchtolsdorf au moyen d'un siphon en fonte.

Il faut aussi indiquer comme méritant une attention particulière les différentes gares de ce chemin, notamment celle de Vienne, décrite dans le *Portefeuille de l'Ingénieur* sous le nom de *gare du chemin de fer de Vienne à Raab*.

Chemin de Munich à Augsbourg. — Ce chemin, établi à une seule voie comme le précédent, avec terrassements et ouvrages d'art pour deux voies, ne présente dans son tracé aucune particularité digne d'être citée. Les pentes sont très-faibles; les courbes de grand rayon, les rails du modèle anglais ne pèsent que $19^{kilog.},8$ par mètre courant.

Il n'ya de remarquable sur ce chemin que les travaux exécutés pour la traversée des marais aux abords de Hattenhofer.

Renonçant à assurer la résistance du terrain dans ces marais, soit par le batage d'une forêt de pieux d'une longueur de 12 à 15 mètres, ce qui eût considérablement augmenté la dépense, soit par l'emploi de fascines d'un prix également élevé et laissant-craindre pour le moment où elles viendraient à pourrir des tassements considérables, le directeur des travaux fit au préalable assainir autant que possible par des fossés d'écoulement les parties de marais traversées; puis on pratiqua en échiquier et avec espacement de $0^m,876$ des trous carrés de $1^m,168$ de profondeur, ayant au bas $0^m,582$ de côté, au haut $0^m,876$. Ces trous furent remplis de terre grasse imperméable à l'eau.

La disposition inclinée des faces des trous ayant pour effet de comprimer la terre tourbeuse du marais, on put effectuer sur cette masse rendue homogène, des remblais avec un tel succès que, depuis la mise en exploitation du chemin, aucun tassement n'a eu lieu.

Chemin badois. — Nous empruntons à M. Le Chatelier la description de ce chemin.

Long de 279 kilomètres, il sillonne le grand-duché de Bade dans toute sa longueur, depuis Manheim jusqu'à Lorrach, à la frontière de Suisse, près de la ville de Bâle, court du sud au nord au pied des montagnes de la forêt Noire, et atteint tous les centres de population de quelque importance situés à leur base. Arrivé à Heidelberg il se rejette, par un rebroussement de l'est à l'ouest, vers Manheim, parallèlement au cours du Neckar. Un embranchement de $13^k,5$ le relie à la tête du pont de Kehl; un second embranchement, partant de la station d'Oos, atteint Baden-Baden depuis le commencement du mois d'août 1845. Ce chemin de fer fait concurrence au chemin de Strasbourg à Bâle pour le transit des voyageurs entre l'Allemagne et la Suisse. On s'occupe de le faire arriver jusqu'aux portes de la ville de Bâle, et même de le prolonger jusqu'à Schaffouse. Il est exécuté et exploité par l'État, en vertu d'une loi en date du 29 mars

1838; les travaux ont été commencés le 1er septembre de la même année, et les diverses sections ont été livrées à la circulation de Manheim à Heidelberg, le 11 septembre 1840; d'Heidelberg à Carlsruhe, le 15 avril 1843; de Carlsruhe à Offenburg et Kehl, le 1er juin 1844; d'Offenburg à Freyburg, en août 1845, sur une longueur totale de 220k,5.

Les travaux d'art et les terrassements ont été exécutés pour deux voies, mais jusqu'ici on n'en a posé qu'une seule. C'est en 1845 seulement que les Chambres ont voté les crédits nécessaires pour la pose de la seconde voie.

Le tracé présentait, comme pour le chemin d'Alsace, les plus grandes facilités; cependant on l'a tourmenté sur plusieurs points pour atteindre, conformément au programme dressé par les Chambres, toutes les villes voisines de sa direction. Néanmoins il est de niveau sur 38/100es, et il ne présente de pentes supérieures à 4 millimètres par mètre (de 4mm à 5mm,3) que sur 6/100es de sa longueur totale. Pour obéir servilement aux conditions du programme et par une raison d'économie mal entendue, sur un terrain aussi peu accidenté, on a fait descendre au-dessous de 400 mètres et jusqu'à 180 mètres le rayon de quelques courbes. Bien que ces courbes de petit rayon soient pour la plupart voisines des stations où tous les trains s'arrêtent, elles exercent une influence d'autant plus fâcheuse sur l'exploitation, qu'on a fait choix du matériel anglais sans l'approprier à un pareil service. Ce chemin est le seul en Allemagne, parmi les grandes lignes, pour lequel on ait adopté une largeur de voie supérieure à 1m,435; mais on n'est entré que timidement dans ce système d'innovation en restreignant l'écartement à 1m,60. Par suite, sans pouvoir jouir de tous les avantages que les partisans des larges voies leur attribuent, on s'est fermé toute communication directe avec les chemins des pays voisins.

Depuis la publication de l'ouvrage de M. Le Chatelier, la seconde voie du chemin badois a été posée, le chemin s'est approché de la ville de Bâle et la voie a été rétrécie. La con-

struction d'un pont sur le Rhin à Kehl aura lieu prochainement et mettra ce chemin en relation avec les chemins français.

CHEMINS A PENTES MOYENNES.

Parmi les chemins de fer qui se rangent dans cette classe, il en est un grand nombre sur lesquels les transports s'opèrent à grande vitesse; ceux-là, à l'exception des chemins anglais de Newcastle à Carlisle, et de Liverpool à Manchester, ont été tous étudiés depuis quelques années seulement, en dehors des idées exclusives qui ont présidé au tracé des lignes de Londres à Birmingham, de Paris à Rouen, de Paris à Saint-Germain, etc. Nous commencerons par la description de celui de Rouen au Havre, l'un des plus curieux par les ouvrages importants que son établissement a nécessités.

Chemin de Rouen au Havre. — Le chemin de fer de Rouen au Havre s'embranche sur celui de Paris à Rouen, à Sotteville près Rouen, et arrive par une rampe de 5 millimètres sur 1100 mètres, à un pont en charpente formé de 8 arches de 40 mètres d'ouverture chacune, au moyen duquel il traverse la Seine à 12 mètres au-dessus de l'étiage. Il ne tarde pas à s'engager dans le tunnel de Bonsecours qui, percé dans la montagne Sainte-Catherine, a 1055 mètres de longueur et 6 mètres de hauteur sous clef. Ce tunnel présente une faible pente de 0,0014 par mètre. Il se trouve en partie, dans une courbe de 750 mètres de rayon et de 880 mètres de développement. A cette courbe en succède une autre de 925 mètres de rayon, puis après un remblai et une tranchée assez considérables, on arrive ainsi à un second tunnel de 1500 mètres de longueur, droit d'abord, puis en courbe de 1600 mètres de rayon. Il présente, sur toute sa longueur, une rampe de 5 millimètres 35. Le chemin passe par ce tunnel, sous les boulevards Saint-Hilaire et Beauvoisine, puis, après un court déblai, nécessité par la station de la rue Verte, il entre, avec la même rampe, dans un nouveau tunnel de 1184 mètres, situé sous les cimetières Saint-Maur et Saint-Gervais. Il

est bon de remarquer, qu'en amont et en aval de la station, la rampe est de $6^{mm},55$ sur 300 mètres environ, afin d'en racheter une de 0,002 seulement en guise de palier au droit de la rue Verte. Au sortir du tunnel de Saint-Gervais on se trouve en tranchée puis en remblai, ce dernier ayant jusqu'à 18 mètres de hauteur, et l'on arrive ainsi à un quatrième tunnel, qui n'a que 360 mètres de longueur, mais qui est percé en courbe de 800 mètres de rayon et fait partie d'une rampe de 0,0033 qui s'étend, au reste, sur une longueur totale de 3420 mètres. Ici se termine la traversée de Rouen qui est la partie du chemin où s'étaient accumulées les difficultés les plus sérieuses et qui a occasionné la plus grande dépense.

Après quoi, jusqu'à Malaunay, le tracé ne présente que des courbes de grand rayon, mais assez multipliées, et des rampes faibles, mais presque sans interruption. Néanmoins, il s'en trouve une de 5 millimètres sur 1280 mètres à Houppeville.

Dans ce trajet d'environ 7000 mètres, quoique le terrain ne soit pas très-accidenté, on trouve un remblai de $250\,000^{m^3}$ et d'une hauteur de 28 mètres. Ce travail est le plus grand terrassement que l'on rencontre jusque-là, tous ceux qui précèdent ayant environ $100\,000^{m^3}$. La vallée de Malaunay, dont le sol est de 25 mètres au-dessous des rails, est traversée par un remblai et deux viaducs. Le remblai a 400 mètres de long et 25 mètres de hauteur; son volume est de $624\,000^{m^3}$. Les deux viaducs ont l'un 4 arches, l'autre 8 de 15 mètres d'ouverture; ils sont séparés par le grand remblai; le premier est précédé, et le second est suivi d'une tranchée de $250\,000^{m},3$ de sorte qu'à elles deux elles ont pu suffire au remblayement de la vallée : ces tranchées sont l'une et l'autre en courbe de 800 mètres de rayon sur un développement, l'une de 200 mètres, l'autre de 500. A la suite de cette dernière se trouve un tunnel de 2200 mètres; la rampe y est de 0,005 millimètres et s'étend au delà jusqu'à un développement total de 3240 mètres; puis les rampes deviennent plus faibles et, à part un remblai

de 25 mètres, mais d'un cube total de 240 000^{m3} seulement, on arrive sans difficultés à Barentin.

Là se trouve un viaduc en briques comme tous ceux de la ligne, de 27 arches de 15 mètres d'ouverture chacune, de 32 mètres de hauteur, et d'une longueur totale de 500 mètres, la rampe n'y est plus que de 0,0016 millimètres, et on a eu soin de ménager en amont un palier de 580 mètres. On sait que, construit une première fois avec des matériaux peu convenables, il s'écroula entièrement, causant ainsi un grand dommage et un long retard à la Compagnie.

On ne manqua pas d'attribuer cet accident à la hardiesse peu commune des proportions de ce monument. Cependant, reconstruit sur les mêmes plans, mais avec plus de précautions, il a résisté à toutes les épreuves et ne laisse pas plus à désirer sous le rapport de la solidité que sous celui du grandiose.

A l'issue du viaduc la rampe s'élève à 5^{mm},5. Le tracé décrit en outre, sur 1200 mètres environ, une courbe de 940 mètres de rayon, puis une de 800 mètres dans une tranchée de 20 mètres de hauteur. Au reste, le terrain étant ici très-accidenté, a nécessité un certain nombre de courbes successives et une alternance continuelle de remblais et de déblais de 100 000^{m3} environ, le tout dans le cours d'une rampe de 5 millimètres sur un développement presque continu de 11 000 mètres. En outre, il existe une courbe de 700 mètres de rayon à Mesnil-Panneville, et une de 838 mètres aux abords de la station de Motteville, à la suite de laquelle se trouve un grand palier de 4000 mètres. De Motteville à Bolbec le chemin est presque toujours au niveau du sol; les courbes y sont rares et de grand rayon. Les rampes se soutiennent jusqu'à Yvetot, mais elles sont très-faibles. De ce point on redescend par des pentes variées dont la plus forte est de 3,3 millièmes sur 5580 mètres, mais la plupart ne dépassent guère 1 millième.

De Bolbec à Mirreville reparaissent les tranchées et remblais successifs de 100 000^{m3} environ, les courbes de 1000 et 1200 mètres se multiplient, et la pente s'élève à 0,0033 sur

4400 mètres de longueur. Le viaduc de Mirreville est compris dans cette pente. Il y a une partie courbe de 1000 mètres de rayon sur 340 mètres de développement. Sa longueur totale est de 530 mètres, sa hauteur de 32 mètres; il a 48 arches de $9^{m},20$ d'ouverture chacune; à la suite se trouve un palier; puis recommencent les courbes de rayon plus grandes que 1000 mètres, les terrassements peu importants mais très-multipliés, les faibles pentes moindres que $3^{mm},5$. Mais tout à coup celles-ci s'élèvent à 8 millièmes d'abord sur 3300 mètres jusqu'à Épretot, puis sur 8 kilomètres d'Épretot à Harfleur où le chemin avance toujours par une succession de remblais et de tranchées dont la dernière est de $140\,000^{m3}$. Là, en amont, en guise de palier se trouve une rampe de 0,0015 sur 180 mètres seulement, et de nouveau une pente de 8 millièmes dont fait partie le premier viaduc d'Harfleur, qui n'offre rien de remarquable et est composé de 5 arches de 9 mètres d'ouverture et de 16 de hauteur et d'une longueur totale de 60 mètres. Il est uni par un remblai de $180\,000^{m3}$ en courbe de 1600 et 2400 mètres de rayon à un autre viaduc parfaitement identique au premier, sauf que le second est en palier ainsi qu'une grande partie du remblai.

On rencontre ensuite à la naissance d'une pente de 300 mètres de longueur une tranchée de 180 mètres de long et d'une hauteur maxima de 18 mètres, en courbe, de 1200 mètres de rayon; enfin le chemin, après un parcours total de 95 kilomètres, arrive au Havre au niveau du sol, en palier sur 1200 mètres, et selon un alignement droit de 2200 mètres.

Chemin de Paris à Lyon. — La construction du chemin du Havre décidée, l'importance de l'établissement d'un chemin de fer de Paris à Lyon, et dans l'avenir, de l'Océan à la Méditerranée fut unanimement reconnue.

Déjà l'Océan se trouvant uni à la capitale par le chemin de Rouen au Havre, il ne s'agissait plus que de diriger un railway sur Marseille pour compléter la ligne du Havre à la Méditerranée.

Avant l'achèvement de cette grande entreprise, on en retirait déjà des avantages précieux. La navigation à vapeur n'avait-elle pas atteint sur le Rhône et sur la Saône jusqu'à Châlon, un degré de célérité très-satisfaisant même à la remonte? Une fois donc Paris en communication avec Châlon par un chemin de fer, les relations avec la Méditerranée, acquerraient aussitôt une merveilleuse activité. Que si la grande rapidité du Rhône paraissait une cause de retard à la remonte telle qu'on ne dût point la laisser subsister en présence d'un si grand accroissement de circulation, il n'y aurait qu'à mettre en même temps la main à l'œuvre sur la section de Paris à Châlon et sur celle d'Avignon à Marseille, mais on pourrait ajourner sans inconvénient celles de Châlon à Lyon et de Lyon à Avignon.

Ces considérations semblaient devoir conduire à adopter jusqu'à Châlon le tracé le plus direct. Mais il y eut des personnes qui virent dans le chemin du Sud-Est autre chose que le but déjà si vaste que nous venons d'indiquer. A leurs yeux, il devait en outre unir Paris ainsi que la Méditerranée au Rhin par un embranchement sur Mulhouse. Or, cet embranchement pouvait-il mieux se faire qu'à Dijon, depuis longtemps en communication avec Mulhouse par une route impériale sur laquelle existe déjà une circulation des plus actives? En envisageant ainsi la question, Dijon devenait un point obligé du chemin de Lyon et, nonobstant le détour considérable qui en devait résulter, ce fut cet avis qui prévalut. En somme, l'inconvénient de ce détour n'était pas tant dans l'allongement futur du trajet que dans le plus long ajournement (dans le cas où l'on fixerait à Dijon l'extrémité provisoire du chemin) des avantages que nous avons énumérés plus haut.

C'est pourquoi il fut décidé que l'on entreprendrait en même temps la section de Châlon à Dijon qui, ne présentant pas de difficultés notables, a été terminée longtemps avant celle de Paris à Dijon. Il en est de même du chemin d'Avignon à Marseille.

De sorte qu'aussitôt celui de Dijon terminé, la communication à vapeur fut établie entre les deux points extrêmes de cette grande ligne.

Ce programme une fois arrêté, on étudia plusieurs projets pour en mettre à exécution la première partie.

La plus grande difficulté qui se présenta pour la section de Paris à Dijon, consistait dans l'obligation de franchir le faîte des monts vosgiens qui séparent le bassin de la Seine de celui de la Saône.

On étudia ce faîte et l'on y reconnut d'abord trois dépressions principales, dont on se proposa de profiter pour passer de l'un des bassins dans l'autre. Or, pour parvenir à chacun de ces points de plus facile accès, il se trouva qu'il fallait suivre chacune des trois principales vallées qui forment le bassin de la Seine; de là naquirent trois tracés : celui de la Seine, celui de l'Aube et celui de l'Yonne.

Le premier avait son point culminant près des sources de la Seine, au col de Poiseul, dont la hauteur, 472 mètres au-dessus du niveau de la mer, pouvait être réduite à 393 mètres, au moyen d'un souterrain de 2700 mètres de longueur.

Le second eût franchi le faîte vers les sources de l'Aube au col de Vivey, non loin de Chalmessin. La cote, à ce point, est de 426 mètres, mais elle pouvait se réduire à 383, au moyen d'un souterrain de 1330 mètres.

Enfin, le troisième passage était praticable à travers la crête de Pouilly, située près des sources de l'Armançon, affluent de l'Yonne : à ce point, la continuité de la chaîne est interrompue par une déchirure profonde au fond de laquelle roule la rivière de l'Ouche. Déjà les ingénieurs ont tiré parti de cet accident de terrain en plaçant à Pouilly le point de partage du canal de Bourgogne. Sa cote n'est qu'à 411 mètres au-dessus du niveau de la mer. Il n'exigeait, pour le passage du chemin de fer, qu'une tranchée de 1800 mètres de longueur sur 18 mètres de hauteur maxima.

Le tracé de la Seine et celui de l'Aube avaient une partie

commune ; l'un et l'autre empruntaient dans son entier la ligne de Corbeil, tout en se réservant une gare spéciale ; l'un et l'autre restaient constamment sur la rive droite de la Seine jusqu'à Romilly, traversant successivement l'Yonne et le Loing, touchant Melun, Montereau, Bray, Pont-sur-Seine et Nogent, et évitant les percées souterraines et les courbes roides malgré les sinuosités de la Seine et les coteaux abrupts qui la bordent entre Corbeil et Melun. A Romilly, les deux tracés se séparaient : le premier passait à Troyes, à Bar-sur-Seine, à Châtillon, puis arrivait par la vallée du Revinçon au souterrain de Poiseul, au delà duquel, par divers vallons intermédiaires, il gagnait la vallée du Suzon d'où il se dirigeait en ligne droite sur Dijon. Le second passait à Arcis-sur-Aube, Borey, Brienne-le-Château (où l'on projetait un embranchement sur Strasbourg), Bar-sur-Aube, Clairvaux, puis arrivait au souterrain de Vivey en suivant le cours sinueux de l'Aube : du côté opposé de ce tunnel, il descendait dans la vallée de la Tille, franchissait cette rivière sur un grand viaduc de 550 mètres de long sur 26 de haut avec une pente de 5 millimètres et à force de terrassements. Enfin, après un assez long parcours en plaine, il se raccordait de nouveau avec le tracé de la Seine à 300 mètres de Dijon.

La seconde partie du tracé de la Seine lui était commune avec un quatrième tracé que nous n'avons pas encore mentionné et qui se désignait sous le nom de tracé de la Brie et de la Haute-Seine. Partant de Paris par la barrière des Vertus, ce tracé aurait suivi le canal de l'Ourcq, puis la Marne jusqu'à Chalifert où il l'eût quittée par un souterrain de 1000 mètres. Il se fût engagé dans le vallon sinueux et étroit de l'Aubetin, eût été obligé de se mettre de nouveau en souterrain sur une longueur de 2700 mètres pour rentrer dans la vallée de la Seine, et, sans avoir touché aucune ville importante, il eût rejoint à Romilly le tracé de la Seine.

Enfin le tracé de l'Yonne quittant celui de la Seine à Montereau, longeait d'abord l'Yonne jusqu'à La Roche, puis le canal

de Bourgogne, puis l'Armançon jusqu'à Tonnerre et par le souterrain de Lesiers arrivait à Aisy ; ici il fallait opter entre la vallée de la Brenne que suit le canal et celle de l'Armançon. Les coteaux de la première étaient formés d'un terrain glaiseux ; on redouta l'exemple d'Ablon, et l'on préféra adopter la seconde malgré ses roches granitiques et les difficultés qui en pouvaient résulter. Le tracé passait ainsi à Semur et arrivait enfin au col de Pouilly. Au sortir de la grande tranchée par laquelle on devait le traverser, on s'engageait dans la vallée de l'Ouche et, décrivant une grande courbe perpendiculairement à la direction voulue, on tournait le mont Affrique et l'on arrivait ainsi à Dijon. La vallée de l'Ouche est fort étroite et assez sinueuse, elle contient déjà le canal de Bourgogne et la rivière de l'Ouche ; on comprend qu'il eût été difficile d'y loger aussi le chemin de fer dans des conditions d'art bien favorables surtout sous le rapport des courbes. C'était là une grave objection pour le tracé de l'Yonne ; mais l'absence de souterrain parut une considération plus puissante.

Le tracé de la Brie fut écarté à cause des travaux et des pentes qu'il nécessitait pour franchir inutilement le faîte de la Marne à la Seine, du peu d'importance commerciale des pays qu'il traversait et de la mauvaise position de son entrée à Paris, par rapport aux marchandises du Midi et notamment aux vins, etc., etc.

Le tracé de l'Aube, projeté dans la pensée de donner un tronc commun aux lignes de l'est et du sud-est, fut rejeté à cause de sa trop grande déviation de la direction naturelle et du déplacement de circulation qui en fût résulté ; à cause de sa mauvaise position stratégique ; à cause enfin de son peu d'aptitude à recevoir des embranchements.

Le tracé de la Seine le céda enfin à celui de l'Yonne par suite de la comparaison des circulations probables, l'avantage étant du côté de la Bourgogne, sur la Champagne, surtout dans l'hypothèse de la prochaine concurrence, dans ce dernier pays, du chemin de Strasbourg ; et aussi à cause du moindre faîte

à franchir et du moindre détournement de la circulation naturelle. Le parallélisme de la voie de fer et du canal de Bourgogne ne fut pas considéré comme une objection sérieuse. Le tracé de l'Yonne fut donc adopté par la commission, puis par la Chambre, en exprimant toutefois les vœux suivants :

1° Que des études soient faites pour modifier le tracé entre Pont-d'Ouche et Dijon.—Ce qui ne tendait à rien moins qu'au percement dans le mont Affrique d'un souterrain de 5000 mètres précédé et suivi de pentes de 10 millièmes.

2° Que le chemin de Lyon ait une entrée spéciale dans Paris.

3° Qu'il y ait embranchement de Montereau à Troyes.

On verra par la description du tracé actuel que l'entrée spéciale a été réalisée ainsi que l'embranchement de Troyes ; quant à la vallée de l'Ouche, on a sans doute reconnu, depuis, et les graves inconvénients que présenterait son parcours long et difficile et l'inutilité qu'il y aurait si l'on s'était décidé à percer le mont Affrique, d'avoir auparavant ouvert une tranchée longue et élevée et même encore remonté la vallée difficile de l'Armançon au milieu des roches granitiques qui avoisinent Semur. C'est pourquoi, renonçant à cette dernière ville, on a quitté, à Montbard, l'Armançon et le canal de Bourgogne et, remontant la vallée de l'Oze, on a substitué au col de Pouilly celui de Blaisy où l'on a percé un tunnel de 4100 mètres.

Le tracé actuel est donc tel qu'il suit : Le point de départ dans Paris, est situé sur le boulevard Mazas, à l'extrémité de la rue de Lyon qui a été ouverte, par la ville de Paris, pour mettre cette gare en communication directe avec la Bastille.

Le chemin traverse les faubourgs de Paris où sont situés ses ateliers de réparation, il sort de Paris sur la rive droite de la Seine, parallèlement à ce fleuve dont il se trouve jusqu'à Villeneuve-Saint-Georges et au delà à peu près à la même distance que le chemin d'Orléans sur la rive gauche.

Aussi, les deux rives étant jusque-là peu dissemblables, ne trouve-t-on, dans cette première partie, comme au chemin d'Orléans, que de faibles pentes, des courbes de grand rayon, peu de terrassements, point de travaux d'art remarquables, si ce n'est à Charenton sur les deux bras de la Marne, un double pont avec arches en fonte.

A partir de Villeneuve-Saint-Georges, on s'élève par une rampe variée de 4 à 5 millimètres par mètre et de 11600 mètres de longueur sur les collines qui forment la vallée de l'Yères. On traverse deux fois cette vallée avant et après Brunoy sur deux viaducs dont l'un a 9 arches de $9^m,67$ d'ouverture et l'autre 28 de 10 mètres d'ouverture, la hauteur maxima est de 22 mètres, la longueur du premier viaduc est de 119 mètres et celle du second de 375 mètres. On redescend ensuite par une pente variant aussi de 4 à 5 millimètres, mais sur 3600 mètres seulement, jusqu'à peu de distance de Melun.

Un peu en aval de cette ville, au Mée, on traverse la Seine sur un grand pont en fonte composé de 3 arches de 40 mètres d'ouverture chacune et dont la hauteur au-dessus de l'étiage est de 22 mètres. Puis se renouvelle la rampe variée de 4 à 5 millimètres sur une longueur de 6600 mètres jusqu'après Fontainebleau, rampe interrompue toutefois par un palier de 100 mètres pour la station de cette ville.

De Fontainebleau à Montereau, le pays est assez accidenté. A Avon, à Saint-Mancès, à la Grande-Paroisse se trouvent des rampes et des pentes alternatives de 4 à 5 millimètres sur 3000 à 4000 mètres. Les deux premières localités ont, en outre, exigé deux viaducs pour la traversée de Blangy et Lomy. Tous deux ont 30 arches de 10 mètres d'ouverture et d'une hauteur maxima de 20 mètres, mais le second possède, en outre, 2 arches biaises en fonte de 40 mètres d'ouverture pour le passage simultané de la rivière et du canal du Loing.

Quant aux courbes, elles sont toutes de grand rayon, on n'en compte que 4 de 1000 mètres dont 3 auprès de Saint-Mamès.

A Montereau, le railway qui, depuis Melun, suit la rive gauche de la Seine, prend celle de l'Yonne et se trouve ainsi jusqu'à Sens, en pays plat et presque en ligne droite. Il a donc nécessité peu de terrassements, si ce n'est à Pont-sur-Yonne, où se trouve une tranchée de 2000 mètres de long et qui a jusqu'à 20 mètres de profondeur. Elle est précédée d'une rampe et suivie d'une pente de 4 millimètres sur 1500 mètres environ qui sont les plus fortes que l'on rencontre dans cette partie.

De Sens à Joigny, le railway se trouvant presque continuellement au niveau du sol ou en faible remblai n'a rien de remarquable; seulement le tracé continuant de remonter l'Yonne est forcé, comme cette rivière, de faire un grand nombre de circonvolutions. Mais les rayons de ces courbes sont tous très-grands, ceux de 1000 ou 1200 mètres forment exception. Après Joigny le tracé passe l'Yonne à Laroche et suit, à peu près parallèlement le canal de Bourgogne, se trouvant sans cesse compris entre ce canal et l'Armançon. Il passe ensuite cette rivière et la côtoie, sauf les détours jusqu'à Tonnerre où il arrive par une rampe de 4 millimètres sur 13000 mètres; après quoi le profil devient plus accidenté. A la suite de quelques rampes faibles s'en trouve une de 5 millimètres sur 2800 mètres. Elle conduit aux deux souterrains successifs de Lezines et de Pary par une vallée en remblai de 800 mètres. Le premier de ces tunnels a 532 mètres de longueur, le second 1000 mètres, mais ce qu'ils ont de particulier c'est qu'ils sont l'un sur une pente, l'autre sur une rampe de $0^m,003$, sans doute pour diminuer la hauteur déjà considérable du remblai intermédiaire. Les voûtes des deux souterrains en plein cintre ont chacune 8 mètres d'ouverture, et la hauteur sous-clef est de 6 mètres. Celle du souterrain de Lezines est à 24 mètres, et celle du souterrain de Pary à 35 mètres au-dessous du sol.

Ici le tracé devient très-sinueux tandis que le profil continue de présenter nombre de rampes et de pentes successives. Nous

approchons en effet des montagnes qui séparent le bassin de la Seine de celui de la Saône; néanmoins, jusqu'à Aisy les pentes et les rampes n'ont pas plus de 5 millimètres sur 3000 mètres de long, et les rayons des courbes moins de 1000 mètres.

D'Aisy, le railway suivant l'Armançon et le canal jusqu'à Montbard les passe l'un et l'autre sur un pont biais, s'en sépare et s'engage dans la vallée de l'Oze, petite rivière qu'il remonte dans tout son cours.

Là, commence la partie la plus difficile et la plus hardie du chemin. Déjà, pour arriver à la station de Montbard on a dû gravir une rampe de 6 millimètres sur 1700 mètres de longueur; mais, après cette station, c'est, d'abord, une suite presque continuelle de rampes de 4 à 5 millimètres sur une longueur totale de plus de 15000 mètres, puis une rampe de 8 millimètres sur 3220 mètres aux abords de la station de Verrey qui se trouve sur un palier. A la suite se présente de nouveau une rampe de 5 millimètres à $5^{mm}\frac{1}{2}$ sur 2600 mètres, puis une de 8 millimètres sur 6500, et enfin on arrive au souterrain de Blaisy que l'on a dû ouvrir au col de ce nom pour établir la communication entre les deux bassins de la Seine et de la Saône.

Ce souterrain de 4000 mètres de longueur, ayant une section transversale de 8 mètres de largeur et de 7 mètres de hauteur sous-clef est percé à une profondeur qui va jusqu'à 200 mètres au-dessous du terrain naturel.

Vingt et un puits circulaires, d'un diamètre intérieur de 3 mètres, revêtus presque tous d'une enveloppe en maçonnerie, offrant ensemble une longueur développée de 2458 mètres et espacés entre eux d'environ 200 mètres, ont dû être creusés pour permettre d'attaquer simultanément, sur un grand nombre de points, le déblayement de ce souterrain.

Il est, comme celui de la Nerthe, sur le chemin d'Avignon à Marseille, ouvert dans des marnes que l'on ne peut attaquer qu'à la mine, mais qui, une fois exposées au contact de

l'air, deviennent promptement friables et sans adhérence entre elles. Il faut les préserver avec soin et sans retard de l'action de l'air et de l'humidité au moyen d'un revêtement complet en maçonnerie, qui s'exécute au fur et à mesure du percement de la galerie.

Le souterrain de Blaisy a donné lieu à une dépense de dix millions, soit 2440 francs par mètre courant; c'est, à peu de chose près, le prix de revient du mètre courant du souterrain de la Nerthe.

Au sortir de ce tunnel, qui présente sur toute sa longueur une pente de 4 millimètres, on descend vers Dijon et sur Plombières par une suite de pentes ainsi distribuées : pente de 6 millimètres sur 200 mètres; de 8 millimètres sur 2500 mètres; palier de 212 mètres; pente de 8 millimètres sur 2081 mètres; palier de 848 mètres; pente de 8 millimètres sur 10 kilomètres, etc.

On trouve encore, avant Dijon, une pente de $6^{mm},21$, et, à l'entrée de la gare de cette ville, une pente de $6^{mm},6$ et une courbe de 500 mètres de rayon.

Dans le cours de cette descente, on a dû traverser plusieurs vallées sur de grands viaducs, dont les principaux sont : à la sortie du souterrain de Blaisy un premier viaduc de 190 mètres de long et de treize arches de 10 mètres d'ouverture chacune; un deuxième à Mâlain de 234 mètres et de dix-huit arches; un troisième à la Combe-de-Tain, de 220 mètres à deux rangs d'arcades; un quatrième à la Combe-Bouchard, de 150 mètres et deux rangs d'arches; un cinquième enfin à la Combe-Neuvon, de 236 mètres et de seize arches.

Il y a, en outre, sept souterrains, dont le plus grand, celui de Mâlain, a 328 mètres de longueur, et les autres ont ensemble 490 mètres. L'entrée à Dijon se fait latéralement au canal de Bourgogne. A la sortie, le railway marche parallèlement à la route impériale, et la côtoye ensuite presque continuellement, de sorte qu'après une nouvelle pente de $0^{m},0051$ sur 1064 mètres et une courbe de 1000 mètres de rayon, il se retrouve pour

ainsi dire en plaine et reprend l'allure rectiligne. Il passe à Beaune, et présente à l'entrée de la station de cette ville une courbe de 500 mètres et une de 1000 à la sortie. Il s'élève ensuite jusqu'à Chagny par une rampe de 5 millimètres sur 1264, et redescend vers Châlons-sur-Saône par une pente aussi de 5 millimètres, et de 4900 mètres de longueur.

On trouve, à l'arrivée à Châlons, une courbe de 830 mètres de rayon et une de 500 mètres.

Cette section a été exécutée par les ingénieurs de l'État. On n'y peut citer, en fait de travaux d'art, qu'un pont-canal de 78 mètres de long, destiné à livrer passage au canal du Centre.

Entre Châlons et Lyon, le tracé du chemin de fer, depuis Châlons jusqu'à Anse, longe à peu près constamment la route impériale de Paris par la Bourgogne, se tenant tantôt à gauche, tantôt à droite de cette route et la traversant neuf fois, dont cinq fois au moyen de passages à niveau, deux fois au moyen de ponts construits au-dessus et deux fois au moyen de ponts établis au-dessous de la route impériale.

A partir d'Anse, le tracé du chemin de fer abandonne la direction de cette route pour se maintenir dans la vallée de la Saône, toujours sur la rive droite de cette rivière et tout à fait au pied des coteaux qui bordent son cours jusqu'à Vaise.

A 1700 mètres environ après la sortie de la gare de Vaise, le railway entre en souterrain sous le coteau de Fourvières ou de Saint-Irénée, à une profondeur maxima d'environ 100 mètres, et se maintient ainsi en ligne droite sur 2025 mètres de longueur. A sa sortie, le tracé traverse la Saône sur un pont en pierre composé de quatre arches en anse de panier, de 27 mètres d'ouverture chacune, et il entre dans la gare de Perrache, à 100 mètres environ du quai de la rive gauche de la Saône.

Le profil en long du chemin de fer, entre Châlons et Lyon, n'offre aucune pente exceptionnelle. Il se compose d'une série de paliers séparés les uns des autres par des rampes et des

pentes qui ne dépassent jamais 5 millimètres par mètre, et qui ont été nécessitées par les mouvements du sol.

Parmi les stations entre Châlons et Lyon ou aux extrémités de cette portion de la ligne de Paris à Lyon, celles de Vaise et de Perrache sont les plus importantes.

La station de Vaise contient une gare des voyageurs et une gare des marchandises, et en outre, on y a établi un grand dépôt ainsi qu'un petit atelier de machines, pour le service de l'extrémité de la ligne. La surface de l'ensemble de ces gares sera de 18 hectares.

La gare de Perrache sera moins importante que celle de Vaise, quoiqu'elle soit appelée à former le point de jonction des deux grandes lignes de Paris et de Lyon d'une part, et de Lyon à la Méditerranée de l'autre. Mais il a été formellement entendu que cette gare serait exclusivement destinée aux voyageurs, ce qui diminuera son importance et permettra d'en réduire la superficie.

Elle occupera, dans la presqu'île Perrache, à Lyon, la plus grande partie des terrains qui sont situés entre le cours Napoléon et la rue Dugas-Montbel d'une part, et entre la rue de l'Entrepôt et Delandine de l'autre.

La gare de Perrache couvrira ainsi une surface d'environ cinq hectares et demi, non compris un hectare environ pris sur l'entrepôt des liquides et destiné à recevoir un petit dépôt de machines.

La longueur totale de ce chemin, déduction faite de l'entrée et de la traversée de Lyon, est de $502^{k},947$, sur lesquels $128^{k},972$ en pente; $135^{k},402$ en palier et $238^{k},572$ en rampe. La déclivité totale des pentes est de $521^{m},83$; celle des rampes de $657^{m},75$. La différence, en montant vers Lyon, est donc de $136^{m},92$.

La longueur, y compris la traversée de Lyon jusqu'à la presqu'île Perrache, est de $515^{k},675$, sur lesquels $330^{k},447$ d'alignements droits, et $172^{k},498$ de courbes.

On sait que le chemin de fer de Paris à Lyon est l'œuvre

d'un des ingénieurs des ponts-et-chaussées les plus distingués, M. Jullien; aussi tous les travaux en ont-ils été exécutés avec une perfection remarquable.

Chemin de Paris à Orléans. — C'est en 1838 que les Chambres ont voté le projet de loi qui a décrété l'établissement du chemin de fer de Paris à Orléans.

Trois lignes avaient été étudiées : celle qui a été exécutée et que nous décrirons plus loin, et deux autres.

De ces deux dernières, l'une passait par Versailles, Rambouillet, et allait aboutir, après un assez long circuit, à Orléans.

Elle allongeait le trajet de seize kilomètres, sans desservir des contrées bien riches ni des populations nombreuses. On lui reprochait, en outre :

1° De présenter des pentes trop fortes ;

2° D'aboutir à un point de Paris éloigné de la rivière, disposition qui ne se prête pas facilement à un service économique de marchandises. Quant à ce qui concerne les pentes, le maximum étant de 4 millimètres, tandis qu'il n'était que de 3 dans le tracé adopté par le gouvernement, tel qu'il avait été étudié par son auteur, M. Desfontaines, on ne saurait admettre aujourd'hui qu'elles fussent excessives; mais l'accroissement de parcours était un défaut plus grave, qui a fait rejeter avec raison, selon nous, le tracé par Versailles.

La seconde ligne explorée suivait la vallée de l'Essonne, se dirigeait sur Corbeil, passait par Malesherbes et Pithiviers, après avoir jeté un embranchement sur Étampes, et de là se rendait à Orléans en touchant Neuville.

Ce tracé était plus long que le tracé Desfontaines, et traversait les terrains marécageux d'une vallée tourbeuse dans laquelle l'établissement d'un chemin de fer entraînerait à des dépenses et à des difficultés d'exécution considérables.

Le chemin d'Orléans, tel qu'il a été exécuté, peut être divisé en quatre sections, à savoir :

1° De Paris à Juvisy, en nombres ronds. . . .	19 kil.
2° De Juvisy à Corbeil (embranchement).	12
3° De Juvisy à Étréchy (ligne mère).	32
4° D'Étréchy à Orléans.	70
Total.	133

Les deux premières sections, côtoyant presque constamment la Seine, n'offrent que des pentes faibles ainsi que des courbes de grand rayon. Elles n'ont nécessité que des mouvements de terrain ordinaires.

On a suivi pour la première le tracé du gouvernement, sauf quelques modifications de détail. Quant à la seconde, projetée d'abord sur la rive droite, elle a été établie sur la gauche afin d'éviter un pont biais sur la Seine et d'obtenir une entrée plus centrale à Corbeil.

La troisième section, exécutée d'après le tracé de M. Desfontaines, présente une succession de remblais et déblais assez considérables, sur une longueur de 18 kilomètres, depuis Juvisy jusqu'aux environs de Cossigny. Entre ces deux points, le tracé est constamment établi sur les flancs des coteaux qui bordent la vallée de l'Orge; il offre une série continuelle de courbes et de contre-courbes de 1200 à 1500 mètres de rayon et une rampe courante et uniforme de $0^m,003$ par mètre qui, s'étendant sur une longueur de 1500 mètres, s'élève de 45 mètres depuis le bassin de la Seine jusqu'au plateau de Marolles; de là, on redescend dans la vallée de la Juine jusqu'à Étréchy par des pentes dont la plus forte est de $0^m,002$ par mètre, et au moyen desquelles on s'abaisse de $6^m,40$.

A Étréchy, se présentait, pour la quatrième section, une difficulté sérieuse. Il s'agissait de monter sur le plateau de la Beauce, c'est-à-dire à 67 mètres de hauteur. Il fallait donc développer le tracé dans une des vallées qui, de ce plateau, descendent jusqu'au bassin de la Seine.

La vallée de la Juine, choisie d'abord par les ingénieurs de

l'État, eût permis d'adopter une pente de 0m,003 par mètre. Mais le chemin de fer s'y fût trouvé établi en remblai sur un terrain humide et tourbeux à une grande profondeur, et en outre, sur le flanc de coteaux à talus très-roides.

Les ingénieurs de la compagnie, effrayés des difficultés d'un tel projet, des dépenses et des accidents qu'il pouvait occasionner, aimèrent mieux risquer une pente de 0m,008 sur une longueur de 5300 mètres, entre Étampes et Monerville, et suivre la vallée sèche de l'Hémery, qui, à la sortie d'Étampes, se trouve à la droite de la route impériale. La nouvelle ligne reste dès lors sans cesse à 4 ou 500 mètres de distance de cette route, à droite, depuis Étréchy jusqu'à Angerville, à gauche d'Angerville à Orléans.

On a eu à exécuter, dans cette section, des travaux de terrassement assez considérables, notamment l'ouverture d'une tranchée dans la vallée de l'Hémery et l'établissement de remblais dans la vallée de Brière et dans celles de la Lonette et de la Chalonette; mais la difficulté en a été notablement diminuée par la bonne qualité des terrains.

Arrivé sur le plateau de la Beauce, le tracé, dans un développement de 56 kilomètres, s'est trouvé placé dans les meilleures conditions, ne trouvant que des propriétés de peu de valeur, n'attaquant aucune construction, ne rencontrant aucun cours d'eau, et n'exigeant ni terrassements considérables, ni travaux d'art difficiles.

Au reste, sur toute la ligne, les travaux d'art n'offraient que peu de difficultés. On n'y trouve aucun souterrain, aucun pont sur un cours d'eau de quelque importance, et l'on n'y peut citer qu'un seul viaduc, celui du port de Choisy-le-Roi.

Cependant, la construction de ce chemin ne fut pas exempte d'accidents imprévus. A l'ouverture d'une grande tranchée, près d'Ablon, dans un terrain glaiseux, il survint des éboulements si considérables, que l'ingénieur M. Jullien crut devoir renoncer aux travaux commencés et faire un détour coûteux pour la compagnie.

Le chemin d'Orléans possède trois gares remarquables : celles de Paris, d'Orléans et d'Étampes.

Chemin de Paris à Strasbourg. — Les études du chemin de Strasbourg remontent à l'année 1834, mais ce n'est qu'en 1843 que le tracé du chemin de Strasbourg a été étudié dans quatre grandes directions.

Un premier tracé qu'on peut appeler tracé du Nord, s'embranchait sur la ligne du Nord, à Creil, suivant la vallée de l'Aisne, en passant par Compiègne et Soissons; la vallée de la Vesle en touchant Reims et gravissait le col d'Anse, coupait les trois vallées de l'Aisne à Sainte-Menehould, de l'Oise et de la Meuse, pour descendre sur la Moselle et la Meurthe jusqu'à Lunéville, traversait les Vosges par Sarrebourg, le col de Hommarting, et arrivait à Strasbourg par la vallée de la Zorn. Une branche de cette grande ligne s'en détachait à Arnaville, petit village situé sur la Moselle, pour desservir Metz, Sarrebruck et Manheim.

Nancy, dans le cas où on eût adopté ce projet de tracé, se fût trouvé à 411 kilomètres de Paris, Strasbourg à 560, Metz à 437 et Sarrebruck à 466.

Un second tracé, celui du midi, empruntait le chemin de Corbeil, le continuait par Melun et Fontainebleau jusqu'à Montereau, quittait à Montereau le tracé du chemin de Lyon par l'Yonne, passait à Nogent-sur-Seine et Troyes, puis se dirigeait de là, presque en droite ligne, vers Pargny-sur-Saulx en franchissant la vallée de l'Aube à Lesment, et la vallée de la Marne à quelque distance en amont de Vitry; puis il gagnait Nancy en passant par Pagny-sur-Meuse et Toul, et suivait de Nancy à Strasbourg une ligne déjà indiquée.

Un troisième tracé, passant entre celui du nord et celui du midi, suivait la vallée de la Marne, desservait Lagny, Meaux, la Ferté, Château-Thierry, remontait la vallée de l'Ornain jusqu'à Bar-le-Duc, franchissait les vallées de l'Ain et de la Meuse par Thionville, Lunéville et Lérouville; descendait à Toul, dans la vallée de la Moselle qu'il suivait jusqu'à Frouard,

d'où il jetait un embranchement sur Metz, en remontant la Meurthe jusqu'à Nancy, où il reprenait le tracé déjà décrit.

C'est ce tracé intermédiaire qui a été adopté. Nous en donnerons une description plus détaillée.

Un quatrième tracé, enfin, s'élevant sur les plateaux qui séparent la vallée de la Marne de celles de la Seine et de l'Aube, quittait Paris, comme le précédent, traversait les plateaux de la Brie en coupant la Marne dans la direction de Lagny, touchait Coulommiers, Sézanne, et redescendait à Vitry pour se diriger sur Strasbourg par un des tracés déjà décrits.

De ces quatre tracés, celui du nord, par Compiègne, Soissons et Reims, avait été étudié dans l'intention de favoriser la direction de l'Allemagne par Metz, Sarrebruck et Manheim, aux dépens de celle par Nancy et Strasbourg.

La ville de Reims, desservie aujourd'hui par un simple embranchement, l'était alors directement.

Le tracé du midi, par Corbeil, Melun, Fontainebleau et Troyes, présentait l'avantage d'une grande économie, puisqu'il avait un tronc commun avec les chemins d'Orléans et de Lyon; mais il passait à une grande distance d'une portion importante du territoire de l'est desservie par le chemin actuel.

Le tracé des plateaux de la Brie ne donnait aucune satisfaction aux habitants de la vallée de la Marne et de la Seine.

Le tracé de la vallée de la Marne traverse au contraire les populations les plus denses et les plus riches; il est plus court que celui du nord, et mieux à couvert de l'ennemi en cas d'invasion. Il se recommandait ainsi par un grand nombre de considérations.

On a étudié sur ce tracé plusieurs variantes qu'il ne nous paraît pas d'un grand intérêt de faire connaître.

Tel qu'il a été exécuté, le chemin de Paris à Strasbourg passe à Lagny, Meaux, la Ferté-sous-Jouarre, Château-Thierry, Épernay, Châlons, Vitry-le-François, Bar-le-Duc, Commercy, Toul, Nancy, Lunéville, Sarrebourg et Saverne. Il dessert indirectement les villes de Reims et de Metz; la ville de Metz

par un embranchement qui se prolonge jusqu'à la frontière prussienne, à Forbach; et la ville de Reims, par un embranchement qui ne tardera pas à être continué sur Mézières, Sedan et Givet. La Compagnie est sur le point de commencer les travaux d'un chemin de Nancy à Vesoul par Épinal. Enfin un autre embranchement, déjà en cours d'exécution, celui de Blesmes à Gray, reliera la ligne de Strasbourg avec toutes les usines de la Haute-Marne, Chaumont, Langres et Gray.

De Paris à Meaux, le tracé ne présente que de faibles pentes et des courbes à grand rayon; mais la nécessité de traverser le faîte séparatif des vallées de la Seine et de la Marne et plusieurs contre-forts de cette dernière vallée, a exigé des terrassements considérables et le percement à Chalifert d'un souterrain de 194 mètres de longueur.

L'une de ces tranchées, celle de la Maison-Blanche, présentant un déblai de 300 000 mètres cubes, a été ouverte dans des terrains argileux dans lesquels on a été obligé d'exécuter des travaux de consolidation assez dispendieux.

Aux abords de la station de Meaux, on trouve une courbe de 700 mètres de rayon, et des pentes et des rampes de $0^m,005$ par mètre; mais bientôt après les rayons des courbes rentrent encore dans les limites de 1000 à 1200 mètres.

C'est au delà de Meaux que l'on rencontre la tranchée de Poincy, la plus considérable de toute la ligne; elle a 1900 mètres de développement; sa plus grande hauteur est de 16 mètres, et la quantité des déblais dépasse 500 000 mètres cubes.

La nécessité de traverser un autre contre-fort de la Marne, dans les bois de Meaux, a déterminé, dans cette localité, l'ouverture de deux autres tranchées très-importantes encore, et le percement d'un nouveau souterrain, celui d'Armentières, de 644 mètres de longueur.

A ce point, le tracé devient plus tourmenté, il se compose en plan d'une suite de courbes de 1000 à 2000 mètres de rayon; en profil il présente un long palier de 7000 mètres environ, une pente de $0^m,0005$ sur 2000 mètres, et un nouveau palier sur

lequel se trouve la station de la Ferté-sous-Jouarre. Les tranchées sont d'une importance secondaire.

Au delà de la Ferté, on arrive à un troisième souterrain, celui de Nanteuil, de 939 mètres de longueur; on pénètre ensuite dans le département de l'Aisne, où l'on ne tarde pas à rencontrer un quatrième tunnel à l'extrémité d'une rampe de $0^m,001$ sur 2000 mètres, et d'une courbe de 1000 mètres de rayon. Ce souterrain dit de Chézy-l'Abbaye, n'a qu'une longueur de 452 mètres; mais il est percé dans un terrain de glaise tellement fluide que le prix du mètre courant a dépassé 2290 fr.

Aux abords de Château-Thierry, et surtout au delà de cette ville, le tracé est de nouveau très-sinueux, sans que le rayon des courbes descende au-dessous de 1000 mètres. Il est ensuite presque rectiligne jusqu'à Épernay, où il arrive par une courbe d'un rayon de 1000 mètres. Jusqu'à Châlons, il n'y a à relater qu'une rampe de $0^m,004$ sur 2300 mètres, près d'Aulnay et une courbe de 700 mètres de rayon à l'arrivée dans la station de Châlons.

Le tracé se continue jusqu'à Vitry-le-François, sans courbes ni pentes ou rampes présentant quelque importance, il passe à Vitry de la rive gauche à la rive droite de la Marne.

Ce n'est pas à Vitry que le railway passe pour la première fois d'une rive à l'autre de la vallée de la Marne, qu'il a constamment suivie depuis l'extrémité sud de la tranchée de la Maison Blanche; les exigences de la configuration du terrain ont nécessité sur la Marne sept traversées successives depuis Chalifert jusqu'au delà du souterrain de Nanteuil, et, en conséquence, sept grands ponts, de trois à cinq arches, présentant un ensemble de 70 mètres de débouché.

Ces ponts constituent, avec les quatre souterrains et les tranchées considérables, dont nous avons déjà parlé, les seuls travaux remarquables des trois premières sections.

A Vitry, le tracé quitte la vallée de la Marne pour suivre celle de la Saulx. Il abandonne à son tour la Saulx pour remonter l'Ornain, son affluent, jusqu'à Bar-le-Duc.

Cette partie du tracé ne présente que des courbes à grand rayon et des pentes et rampes dont l'inclinaison n'excède pas 0m,0035.

A la sortie de Bar-le-Duc, le tracé offre une série presque continue de courbes de 800 à 1200 mètres de rayon; il côtoie d'abord le canal de la Marne au Rhin, puis l'Ornain, et quitte cette rivière pour monter au faîte séparatif de la vallée de la Marne et de la Meuse qu'il atteint à Vadonville. Dans ce parcours le profil est très-accidenté. On y trouve d'abord, sur une longueur de 1200 mètres, une rampe variée de 0m,003 à 0m,005 avec deux alignements de 200 mètres inclinés de 0m,002 en guise de paliers aux stations de Longeville et de Nançois-le-Petit.

Vient ensuite une rampe de 8 millimètres sur 10 250 mètres qui s'étend à peu près jusqu'au palier de la station de Loxeville, puis une portion de chemin d'environ 3000 mètres avec une très-faible inclinaison, et, enfin, un nouveau plan incliné de 8 millimètres de pente en sens contraire du premier, s'étendant sur une longueur d'environ 10 000 mètres jusqu'à la station de Lérouville; on arrive ainsi dans la vallée de la Meuse qu'on suit jusqu'à Pagny après avoir touché Commercy.

A Pagny, le tracé quitte la vallée de la Meuse pour rentrer dans celle de l'Ingressin, affluent de la Moselle, et traverser le faîte séparatif de ces deux vallées; il coupe deux contre-forts en souterrains : le souterrain de Pagny, d'une longueur de 573 mètres, et le souterrain de Foug, d'une longueur de 1120 mètres. Il suit alors le cours de l'Ingressin, en longeant la route impériale de Paris à Strasbourg et débouche à Toul, dans la vallée de la Moselle, où il reste jusqu'à Frouard. Le lit de cette rivière, dans cette partie de son cours, est tellement sinueux, que le tracé doit passer trois fois d'une rive à l'autre en franchissant la rivière sur trois grands ponts de 155 à 160 mètres de débouché chacun.

A Frouard, où se trouve le confluent de la Moselle et de la Meurthe et le point de jonction de l'embranchement de Metz,

le tracé quitte la vallée de la Moselle pour rentrer dans la vallée de la Meurthe qu'il suit jusqu'à Nancy, en longeant la route impériale de cette ville à Metz. De Commercy à Toul et à Nancy, ou, pour mieux dire, dans la traversée des vallées de la Meuse, de l'Ingressin et de la Moselle, on reste pour l'inclinaison des rampes et des pentes et pour les rayons des courbes dans les limites ordinaires, et il n'y a de travaux d'art remarquables que les deux souterrains et les trois grands ponts sur la Moselle, dont nous avons parlé ci-dessus.

A Nancy, le tracé contourne la ville en la serrant de près dans les faubourgs Stanislas et Saint-Jean, après quoi il prend une direction presque parallèle à la route de Paris à Strasbourg sur un développement d'environ 6 kilomètres; puis il franchit cette route et se dirige vers la Meurthe, qu'il traverse à 8 kilomètres de Nancy. Se trouvant alors sur la rive droite de la vallée, il en suit les sinuosités en remontant le cours de la rivière; qu'il traverse de nouveau deux fois de suite et s'en éloigne enfin pour se rapprocher de Lunéville.

Dans tout ce trajet d'environ 30 kilomètres, il n'y a qu'une rampe de $0^m,005$ sur 615 mètres de développement, et une pente de $0^m,004$ sur 200 mètres. L'inclinaison des autres pentes et rampes ne dépasse pas $0^m,0035$; toutes les courbes y sont à grand rayon, à l'exception des deux qui précèdent et suivent la station de Lunéville, leur rayon n'est que de 800 mètres.

Les terrassements y sont assez considérables, notamment pour la tranchée de la traversée de Nancy, et pour le percement d'un contre-fort qui s'avance près de Dombasle jusqu'à la Meurthe.

Les trois grands ponts dont nous avons parlé plus haut sont les seuls travaux d'art considérables qu'on rencontre dans cette section. Le premier de ces ponts a d'autant plus d'importance qu'il sert en même temps de viaduc pour le chemin et de pont-aqueduc pour le canal de la Marne au Rhin.

De Lunéville à Sarrebourg, le tracé n'offre rien de remarquable : il remonte, à partir de Marainvillers, le ruisseau des

Amis ; coupe au delà de Réchicourt le col séparatif des eaux du Saôlon et de la Sarre ; arrive à Sarrebourg, après avoir contourné le promontoire de la vallée de Heming, et se porte enfin vers Hommarting. Il n'y a dans cette section, d'un développement de 55 kilomètres, qu'un travail de quelque importance, le pont sur la Sarre à Sarrebourg, près la station de cette ville. L'inclinaison des pentes et des rampes et le rayon des courbes y restent dans les limites ordinaires.

C'est au delà d'Hommarting et jusqu'à Saverne, section qui comprend la traversée de la chaîne des Vosges, que se rencontre le tracé le plus difficile et les travaux les plus considérables de la ligne de Paris à Strasbourg. La traversée du faîte séparatif des bassins de la Sarre et du Rhin a exigé d'abord un percement en souterrain d'une longueur de 2778 mètres, que le chemin traverse avec une pente de $0^{m},005$ et qui débouche dans la très-pittoresque vallée de Lutzelbourg, où coule la Zorne. Cette vallée est tellement étroite sur quelques points, que c'est à peine si le chemin de fer, le canal de la Marne au Rhin, le lit de la rivière et le chemin d'exploitation qui y sont réunis peuvent y trouver place.

Le canal, qui, à la sortie du souterrain d'Hommarting, passe au-dessus du chemin de fer, s'abaisse promptement au moyen d'écluses, qui rachètent des chutes assez fortes, et bientôt après c'est le chemin de fer, qui, à plusieurs reprises, passe au-dessus du canal.

Le tracé est très-sinueux dans cette vallée : il est formé en plan d'une série de courbes dont le rayon varie dans les limites de 750 à 1250 mètres, et, pour arriver à ce résultat, il faut encore franchir en souterrain cinq contre-forts de la chaîne des Vosges.

Quatre de ces tunnels avant l'usine de Stambach, le premier de 247 mètres de longueur, le second de 489 mètres, le troisième de 395 mètres, et le quatrième de 482, ne sont séparés que par des intervalles respectifs de $1450^{m},2905$ et 290 mètres, partie en remblai et partie en tranchée, et l'on trouve à leur

entrée comme à leur sortie des courbes de 750 à 800 mètres de rayon. Un cinquième tunnel avant Saverne, d'une longueur de 324 mètres, est encore engagé en partie dans une courbe de 750 mètres de rayon.

A partir de la limite du département du Bas-Rhin, le tracé est presque constamment en pente; mais l'inclinaison n'y dépasse pas 0m,003, et ce n'est qu'à la sortie de Saverne qu'on trouve une pente de 0m,005 sur 1100 mètres de longueur.

Le tracé, qui, depuis la sortie du souterrain d'Hommarting, a constamment suivi la vallée de la Zorne, continue à longer le cours de cette rivière de Saverne à Brumath, puis il se recourbe brusquement pour gagner Strasbourg en longeant la route de Wissembourg.

On trouve encore quelques courbes d'un rayon de 700 à 800 mètres aux abords des stations de Saverne et de Dettwillers; mais, entre Saverne et Strasbourg, les courbes sont généralement à grands rayons. L'inclinaison des pentes et rampes y est faible aussi, et cependant elle est portée à 0m,005 sur une longueur de 800 mètres près de Mommenheim.

Les chemins de fer de Paris à Strasbourg et de Strasbourg à Bâle se réunissent en avant des fortifications au moyen d'une courbe de 700 mètres de rayon, sur un palier horizontal, et les deux chemins pénètrent ensemble dans la place avec une pente de 0m,003.

La gare de Paris est l'une des plus belles sous le rapport de l'architecture.

La gare de Strasbourg aujourd'hui en construction (fin 1853) sera aussi remarquable. On pourra encore citer celles d'Épernay, de Châlons, de Bar-le-Duc, de Nancy et de Lunéville, de Metz, de Frouare et de Forbach.

Aux stations de Chelles et de Trilport, la longueur des paliers étant insuffisante, le départ des trains de marchandises très-chargés ne peut s'effectuer, surtout dans certains temps de brouillard et de verglas, que très-difficilement.

Les trains arrivant à la Ferté-sous-Jouarre du côté de l'est

par une tranchée courbe rendent les abords de cette station fort dangereux.

Les stations sont généralement placées très-près du centre des villes, celle de Château-Thierry seulement est établie à 600 mètres de la ville.

Les projets du chemin de Strasbourg ont été étudiés et les travaux exécutés sous la direction de M. Schwilgué, inspecteur général des ponts et chaussées, par MM. de Sermet, Marinet, Guibal, Jacquiné et Boulanger, que la mort est venue frapper avant la fin des travaux et qui eut pour successeur M. Guerre, tous six ingénieurs en chef des ponts et chaussées.

Chemin de ceinture[1]. — Le tracé du chemin de ceinture est entièrement compris entre le mur d'octroi et les fortifications : il se détache aux Batignolles des voies de la gare des marchandises de Rouen, longe les fortifications dans la première partie de son parcours, passe au-dessous des chemins de fer du Nord et de Strasbourg, et presque immédiatement après au-dessus du canal de l'Ourcq, traverse sur arcades la plus grande partie de la commune de la Villette, puis entre en souterrain pour arriver à Belleville ; il reparaît au jour près de la place de Ménilmontant, arrive à Charonne après un nouveau parcours souterrain, et se poursuit, sans grands travaux, de Charonne au chemin de fer de Lyon ; il franchit ce chemin, ainsi que la Seine et vient aboutir au chemin d'Orléans, à la sortie de la gare d'Ivry. Des embranchements spéciaux le raccordent avec les trois lignes qu'il rencontre dans son parcours.

Le développement total du chemin de ceinture est de 16 871 mètres, y compris les raccordements avec les grandes lignes. Mais la ligne principale n'a en réalité que 15 183 mètres. Souterrains, arcades, viaducs en tôle, pont sur un grand fleuve sont groupés sur son faible parcours, où se trouvent

1. Extrait des Annales des ponts et chaussées.

ainsi représentés tous les ouvrages que peut comporter l'exécution d'un chemin de fer.

Parmi les ouvrages en tôle, on remarque les ponts des chemins du Nord et de Strasbourg, construits sous des lignes en exploitation, et que M. Brame a décrits dans les *Annales*, et le pont du canal de l'Ourcq, franchissant le bassin de la Villette par deux travées de 20 mètres d'ouverture chacune. Les longrines reposent sur des poutrelles transversales en fer double T de $0^m,30$ de hauteur, qui sont elles-mêmes portées par trois poutres longitudinales en tôles longues de 45 mètres, et dont la principale pèse 22 000 kilogrammes.

Les souterrains de Belleville sont ouverts dans la masse de plâtre; mais leur voûte sort fréquemment de cette masse et pénètre alors dans les argiles, dont la présence a souvent opposé des difficultés sérieuses au travail. Leur développement total est de 2000 mètres; ils ont coûté ensemble 2 130 000 fr. ou 1000 fr. par mètre courant.

Trois séries d'arcades ont été construites dans les terrains précieux des communes de la Villette et d'Ivry, afin de réduire l'espace occupé par le chemin de fer; leur développement dépasse 1 kilomètre, déduction faite des douze ouvrages d'art qui y sont englobés. Ces arcades, élevées de 5 à 7 mètres, reviennent à un peu moins de 500 fr. par mètre courant de chemin de fer.

Les ouvrages sont au nombre de quarante-quatre, et présentent un développement de 4 kilomètres. Le principal est le pont qui franchit la Seine à Ivry, et livre passage à la fois au chemin de fer et à une route publique. Il se compose de cinq arches en arc de cercle de $34^m,50$ d'ouverture chacune et de deux arches de 12 mètres établies sur les routes qui bordent les quais. Sa largeur entre les têtes, est de $15^m,30$; la hauteur des rails au-dessus des basses eaux de la Seine est de 13 mètres; chaque pile est fondée sur 140 pieux de 12 à 14 mètres de longueur; de petites voûtes, présentant ensemble un vide de 3500 mètres cubes, ont été construites dans le massif

des tympans, pour réduire la charge supportée par ces pieux. Ce grand ouvrage n'a pu être commencé qu'au mois de juillet 1852; il a été exécuté en dix-huit mois; il coûte 1 800 000 fr.

Les pentes du chemin de ceinture varient de 2 à 10,65 millimètres, le rayon maximum des courbes est de 1082 mètres, le rayon minimum de 300 mètres.

Les dépenses d'exécution de ce chemin s'élèvent à 11 500 000 fr., non compris le matériel roulant; les terrains entrent dans ce chiffre pour 2 600 000 fr.

La Compagnie du Nord a rendu hommage au talent incontestable de M. Couche, ingénieur du chemin de ceinture en le nommant ingénieur en chef de ses travaux pour remplacer M. Maniel, devenu directeur des chemins autrichiens.

Chemin de Londres à Brighton. — Parmi un grand nombre de tracés proposés pour le chemin de Londres à Brighton le Parlement anglais a choisi le plus direct mais aussi le plus coûteux. Aussi ce chemin est-il celui pour lequel, en Angleterre, le cube des terrassements a été le plus considérable. Il a atteint le chiffre énorme de 75 000 mètres cubes par kilomètre.

Ce chemin devrait être rangé parmi ceux à faibles pentes si sur le tronc commun à cette ligne et à celle de Londres à Douvres le profil ne présentait une rampe de un centième sur une longueur de 4000 mètres, car sur tout le reste du trajet l'inclinaison ne dépasse jamais quatre millièmes.

Le cube de la plus grande tranchée est de 700 000 mètres, celui des plus grands remblais 350 000 mètres. Les tranchées ont été généralement percées dans la craie. Une grande partie des terres a été retroussée. On rencontre aussi sur le chemin de Londres à Brighton plusieurs souterrains.

Chemin de Londres à Douvres (South Eastern Railway). — Toutes les pentes sur ce chemin sont inférieures à quatre millièmes si ce n'est sur le tronc commun aux deux lignes de Douvres et de Brighton. Les courbes sont de grand rayon.

Les travaux d'art et de terrassement sur ce chemin ne présentent aucune particularité digne d'observation. Les plus importants se trouvent près du point d'arrivée à Douvres.

La pose du chemin de Londres à Douvres a été faite avec un soin tout particulier par des procédés nouveaux, décrits dans le *Portefeuille de l'Ingénieur*.

Parmi les stations nous citerons la station extrême de Bricklayer-Arms, l'une des mieux disposées des chemins anglais.

Les plans en ont été publiés dans le *Portefeuille de l'Ingénieur*. Ce chemin est l'œuvre de l'habile ingénieur Cubitt.

Chemin de Liverpool à Manchester. — Le chemin de Liverpool à Manchester est le doyen des chemins à grande vitesse. Le chemin de Saint-Étienne est son aîné d'une année, mais il n'admet pas cette rapidité de transport qui mérite l'épithète de grande sur les chemins de fer (de 60 à 80 kilomètres par heure), et d'ailleurs, bien que la circulation des voyageurs y soit considérable, le transport du charbon de terre est la principale source de ses revenus.

Lorsqu'on forma le projet d'exécuter le chemin de Liverpool à Manchester et qu'on adopta le tracé de Stephenson, les machines locomotives étaient encore bien grossières, bien imparfaites. Elles n'avaient pour ainsi dire de commun que le nom avec ces machines admirables qui ont porté le nom de Robert Stephenson aux extrémités les plus éloignées du globe. On ne pensait pas alors qu'il fût possible d'employer avantageusement les machines locomotives sur toute la ligne du chemin de fer, et ce fut dans cette supposition que l'on conserva dans le tracé deux plans inclinés en sens inverse, comprenant chacun une longueur de plus de 2 kilomètres et ayant une pente d'un centième. Deux machines fixes devaient les desservir; et comme on était forcé, pour pénétrer dans l'intérieur de la ville de Liverpool, de traverser en souterrain une colline sur laquelle les maisons s'élèvent en amphithéâtre, on décida de prime abord l'établissement de trois machines fixes entre Liverpool et Manchester.

Rien ne s'opposait à l'emploi des machines locomotives sur les autres parties du chemin dont l'inclinaison ne dépassait pas 1 millimètre et 1/10e, et qui ne présentait de circuit de petit rayon qu'à l'entrée de Manchester. On discuta cependant la question de savoir si les machines fixes ne seraient pas préférables; et ce dernier mode, soutenu par deux ingénieurs, MM. Rastrick et Walker, fut sur le point d'être adopté. Mais la question fut tranchée par l'apparition, au célèbre concours de Liverpool, des machines à chaudière tubulaire qui remontèrent les pentes d'un centième avec une assez forte charge et une rapidité dont les spectateurs furent émerveillés. On renonça dès ce moment aux machines fixes pour toute la ligne, sauf la partie inclinée de 2 pour 100 établie sous la ville de Liverpool.

Une seule entrée dans Liverpool n'eût pas été suffisante eu égard à l'active circulation des voyageurs. Aussi le chemin de fer se divise-t-il aux portes de Liverpool en trois branches souterraines. Le plus long souterrain qui aboutit aux quais et dont la pente est de 2 centièmes, sert exclusivement au transport des marchandises, les deux autres à celui des voyageurs. Tout le reste de la ligne est à ciel ouvert; mais son aspect est singulièrement varié : tantôt le chemin fend le terrain par une tranchée profonde de 20 mètres de hauteur, dont les parois sont à pic, comme au mont Olive, tantôt il traverse les vallées sur de larges remblais, comme à Broad-Green, ou par de longs viaducs, comme à Tankey; ou bien, enfin, il n'occupe qu'une bande mince au niveau du sol, comme dans les marais du Chat. Ces immenses marais ont une profondeur variable qui atteint quelquefois dix mètres. Les ingénieurs les plus expérimentés avaient déclaré au Parlement qu'il était impossible de les franchir. Georges Stephenson, ancien ouvrier mineur, fut plus habile que les plus habiles ingénieurs. Il fixa les bandes de fer sur ce terrain mouvant. L'Angleterre récompensa plus tard ce héros de l'industrie.

Chemin de Manchester à Leeds. — Ce chemin, un des principaux anneaux de la chaîne qui réunit le port de Liverpool

à celui de Hull, traverse les districts les plus manufacturiers de l'Angleterre.

Il n'est pas moins curieux sous le rapport des travaux qu'important comme ligne commerciale. C'est, après le chemin de Liverpool à Manchester, l'œuvre la plus remarquable du célèbre Georges Stephenson.

Les courbes du chemin de Manchester à Leeds ont généralement 1200 mètres au moins de rayon, à l'exception de trois courbes près de Charlestown, qui n'ont chacune que 250 mètres. On a été conduit à l'adoption de ces petites courbes par l'éboulement d'un tunnel qui a forcé à dévier de la ligne projetée. Elles n'ont du reste que 300 mètres de longueur. On les passe en modérant la vitesse des locomotives.

De Manchester le chemin monte vers le point culminant de la ligne situé à 28 kilomètres environ de Manchester par une suite de pentes variées, dont une de 8 millièmes sur 4 $\frac{1}{2}$ kilomètres de longueur et une autre de 6 $\frac{1}{2}$ millièmes sur 6 $\frac{1}{2}$ kilomètres. Il descend ensuite du côté de Leeds par des pentes plus douces.

Le cube des terrassements sur ce chemin est de plus de 48 000 mètres cubes par kilomètre, ce qui est considérable.

Les ponts sont au nombre de 116. Une partie sont construits en pierre. Le cube des maçonneries, non compris la maçonnerie des souterrains, est de 51 000 mètres par kilomètre.

On compte jusqu'à 8 souterrains dont la longueur totale est de 4600 mètres ; le plus long a 575 mètres.

Chemin de Newcastle à Carlisle. — Ce chemin, un des plus anciens de l'Angleterre, est long de 99 $\frac{1}{2}$ kilomètres.

Le profil présente deux rampes de Carlisle vers Newcastle, l'une de 9 $\frac{1}{2}$ millièmes sur une longueur de 6200 mètres, l'autre de 5 $\frac{1}{2}$ millièmes sur une longueur de 5500 mètres. Sur toutes les autres rampes ou pentes, l'inclinaison ne dépasse pas 5 millièmes.

Ce qui distingue surtout ce chemin des autres chemins anglais et en fait un sujet digne d'étude pour l'ingénieur, c'est le

grand nombre de courbes de petit rayon que l'on a dû admettre pour lui tracer son passage à travers un pays assez accidenté. Plusieurs n'ont pas au delà de 400 mètres de rayon.

Les travaux de terrassement sur ce chemin sont importants. Le plus considérable de tous est la grande tranchée de Cowran, longue de 1600 mètres, dont le cube a été de 700 000 mètres. M. Wishaw prétend qu'elle a été percée à forfait par un entrepreneur au prix minime de 85 centimes par mètre cube ; mais il faut observer qu'une partie seulement des terres a été portée en remblai dans l'axe du chemin ; le reste a été retroussé.

Parmi les ouvrages en maçonnerie du chemin de Carlisle, nous nommerons en première ligne le grand viaduc de Corby, qui traverse la rivière Éden à environ 5500 mètres de Carlisle à une hauteur de 30 mètres au-dessus du niveau des basses eaux. Ce viaduc est entièrement construit en grès rouge. Il se compose de 5 arches en plein cintre de 24 mètres d'ouverture posant sur des pieds-droits de $4^{m},80$ d'épaisseur.

Chemin de Malines à Cologne. — La Belgique, pays généralement plat et peu accidenté, se trouvait dans les circonstances les plus favorables à l'établissement des chemins de fer, et l'on a pu s'y imposer des conditions de tracé assez rigoureuses.

C'est ainsi que l'on a adopté, sur la presque totalité du réseau belge, 4 millimètres pour maximum des pentes et rampes et 1000 mètres pour rayon minimum des courbes ; cette dernière limite n'étant pas toutefois de rigueur dans le voisinage des stations.

Seule, la portion de la ligne de l'est établie dans la vallée de la Vesdre, et qui s'étend de la Meuse à la frontière prussienne, s'est trouvée soustraite aux conditions générales, tant par la grande hauteur à franchir dans un aussi court trajet (188 mètres sur 38 kilomètres environ), que par suite des nombreux accidents de terrain qui sont accumulés en cet endroit plus que sur aucun autre point de la Belgique.

Nous voulions d'abord, en nous conformant strictement à

la classification que nous avons établie, décrire séparément la section de la Vesdre parmi les chemins à pente moyenne. Mais nous nous sommes décidés à considérer l'ensemble de la ligne de l'est par ce motif que la première section de Malines à Ans est parfaitement propre à donner une idée des autres chemins belges. Elle se trouve en effet dans les conditions communes, mais ce n'est pas sans quelque difficulté qu'on a pu l'y soumettre. Cependant elle présentait par elle-même trop peu d'intérêt pour nous occuper spécialement, et nous n'aurions eu d'ailleurs nulle autre part occasion d'en parler.

Les plans inclinés d'Ans à Liége, des détails desquels nous nous occuperons plus tard, trouveront ici naturellement leur place au point de vue du tracé.

Enfin nos lignes de démarcation étant ainsi enfreintes une première fois, nous n'avons plus vu d'obstacle à décrire ainsi comme complément le chemin rhénan, qui fait suite sur le territoire prussien à la ligne belge de l'est, et qui présente quelques particularités remarquables.

De Malines à Wespelair, on descend quelque temps, mais de 1 mètre seulement, puis on s'élève vers Ans d'une manière continue jusqu'à une légère contre-pente que l'on rencontre avant Tirlemont.

On passe ainsi à Louvain, à Tirlemont, à Landen, à Waremens et l'on arrive à Ans, c'est-à-dire à 86 mètres environ au-dessus du point de départ.

A mesure qu'on s'éloigne de Malines, les accidents de terrain se multiplient et deviennent plus considérables ; aussi le chemin de fer est-il presque continuellement tracé en courbe. Entre Malines et Louvain, sur une longueur de 23 600 mètres, on trouve encore deux grands alignements, l'un de 10 000 mètres environ, l'autre de 4000 mètres. Mais entre Louvain et Waremme, sur une longueur de 42 840 mètres, les courbes se succèdent presque sans discontinuité, sauf deux alignements de près de 3000 mètres. De Waremme à Ans, distants l'un de l'autre de 19 670 mètres, le railway se maintenant sur le pla-

teau supérieur de la chaîne qui sépare la Meuse de l'Escaut ne présente au contraire que deux courbes et trois alignements de 3 à 10 kilomètres.

Quoique cette section ait dû traverser un pays déjà plus accidenté que n'en rencontrent les autres lignes, elle s'est pourtant tenue, comme nous le disions plus haut, à peu près dans les conditions générales.

Une seule pente présente le chiffre de 0,0042; une seule courbe a son rayon au-dessous de 1000 mètres, et c'est à la sortie de la station de Malines une courbe de 500 mètres de rayon sur 426 mètres de développement.

Le plateau qui se termine au village d'Ans, situé à 4000 mètres de la Meuse et qui forme en quelque sorte un des faubourgs de la ville de Liége, est élevé de 118 mètres au-dessus du lit de la Meuse, et pourtant la station qui est à son extrémité orientale n'est éloignée du fleuve que de 4 kilomètres.

Une différence de niveau si considérable ne pouvait être franchie dans un aussi court espace sans qu'on fût obligé de sortir des conditions de pente et de courbure qu'on s'était imposées; toutefois des études multipliées furent d'abord faites dans plusieurs directions pour s'assurer s'il n'était pas possible de descendre vers la Meuse par un tracé développé de manière à ne pas dépasser une pente de 5 millimètres.

L'examen des divers tracés qui furent présentés et qui comprenaient des remblais de 17, 20, 24, 29 mètres de hauteur, des viaducs au-dessus du chemin, hauts de 42, 50 et 77 mètres, fit renoncer à ce projet et adopter définitivement la descente au moyen de plans inclinés desservis par des machines fixes.

La dénivellation totale est rachetée par deux plans inclinés en ligne droite de 1980 mètres de longueur réunis par une courbe horizontale de 350 mètres de rayon, de sorte que chacun d'eux est précédé et suivi d'un palier. Leur pente maxima est de $0^{m},03$, mais le passage de l'horizontale à cette incli-

naison extrême a lieu insensiblement au moyen de pentes intermédiaires, de la manière suivante :

Plan supérieur.

Longueurs	90 mèt.	Pentes	0,015	Hauteur franche	1m,35
—	1150 »	—	0,0 0	—	34 ,50
—	628 »	—	0,028	—	17 ,58
—	112 »	—	0,014	—	1 ,57
Longueur totale	1980	Pente moyenne	0,0277	Hauteur totale	55,00

Plan inférieur.

Longueurs	80 mèt.	Pentes	0,015	Hauteur franche	1m,18
—	1273 »	—	0,030	—	38 ,20
—	489 »	—	0,028	—	13 ,69
—	138 »	—	0,014	—	1 ,93
	1980		0,0277		55m,00

Il paraît qu'on aurait pu arriver à Liége dans les conditions ordinaires, en quittant le tracé actuel à Waremme, et en se dirigeant de là vers la Meuse par la vallée de la Jaar. Mais ce projet eût amené le chemin sur le territoire hollandais, et, s'il fut jamais mis en avant, il dut être écarté par des considérations politiques.

Du pied des plans inclinés le chemin se dirige horizontalement jusqu'à la Meuse qu'il franchit à environ 8 mètres au-dessus des eaux moyennes sur un grand pont dit du Val Benoît. Il a cinq arches de 20 mètres d'ouverture chacune. Sa longueur totale est de 150 mètres. Il donne à la fois passage au chemin de fer, aux voitures et aux piétons.

Ici commence le tracé de la Vesdre.

Deux systèmes se présentaient pour s'élever du fond de la vallée de la Meuse jusqu'au plateau d'Eupen où se trouve la frontière de Prusse : celui d'une rampe forte et continue, et celui de pentes douces réunies par des plans inclinés avec machines fixes.

Après avoir discuté les divers projets présentés pour le tracé de cette section, après avoir envoyé en Angleterre une commission d'ingénieurs pour y examiner en détail les divers rail-

ways à fortes pentes et à plans inclinés qui y sont en exploitation, ou a adopté le premier système, celui des rampes fortes et continues.

L'inclinaison moyenne est de 0m,00494; mais les rampes les plus ordinaires sont 0m,005 et 0m,006, et l'on en peut citer de 0m,008 et 0m,009. La rampe de 9 millimètres n'a été adoptée qu'en un seul point et sur une petite longueur, 334 mètres. On l'a substituée à un plan incliné primitivement projeté à la station de Verviers. Les rayons des courbes atteignent quelquefois 1400 et 1500 mètres, mais le plus souvent ils sont au-dessous de 1000 mètres, et descendent à 700, 600 et même 480 et 320 mètres.

Les tableaux suivants offrent un résumé des rampes et des courbes employées dans cette section.

1e TABLEAU DES INCLINAISONS ET DES LONGUEURS CORRESPONDANTES.

INCLINAISONS.			LONGUEURS			RAPPORT des courbes aux alignements.	OBSERVATIONS.	
PENTES.	RAMPES. minimum.	RAMPES. maximum.	totale.	Alignements.	Courbes.			
	mm.	mm.						du rayon.
»	de 3	à 4	11 692	5 744	5 948	1,03	Courbes de	800 à 1 500m
»	5	5,1	3 303	204	3 099	15,20	*Id.*	900 à 1 000
»	2	2	604	»	604	»	*Id.*	2 000
»	5	5,5	1 769	306	1 463	4,78	*Id.*	1 000
»	6,5	6,8	1 588	695	893	1,28	*Id.*	1 000 à 1 400
»	5	6	4 270	1 971	2 299	1,17	*Id.*	500 à 1 200
»	6,7	6,7	490	490	»	»	*Id.*	»
»	»	»	260	260	»	»	Palier.	»
»	3	4	1 693	388	1 305	3,62	Courbes de	320 à 1 600
»	6	6,9	2 737	101	2 636	26,10	*Id.*	700 à 2 000
»	5,1	5,8	2 778	766	2 012	2,62	*Id.*	600 à 650
»	9	9	334	334	»	»	*Id.*	» »
»	4,1	5	653	»	653	»	*Id.*	320 à 480
»	7	»	187	187	»	»	*Id.*	» »
»	8	»	3 834	429	3 405	7,93	*Id.*	600 à 1 000
»	6	»	1 159	25	1 134	45,36	*Id.*	708 à 1 100
2,7	»	»	681	643	38	0,06	*Id.*	» »
»	»	»	38 032	12 543	25 489	»		

2° TABLEAU COMPARATIF DES COURBES PAR LEURS RAYONS, LEUR NOMBRE ET LEUR DÉVELOPPEMENT MOYEN.

NOMBRE des courbes.	RAYON.	DÉVELOPPEMENT total.	DÉVELOPPEMENT moyen.
10	2 000 à 1 100	6 932	693
10	1 000	5 159	516
4	» 900	4 111	1 025
2	800	1 453	726
6	700	3 904	651
1	650	550	550
2	600	1 600	800
1	500	583	583
1	480	276	276
2	320	919	460
39	»	25 487	651
37	Alignements.	12 543	340

On voit d'après les tableaux qui précèdent que jusqu'à 680 mètres de la frontière le chemin s'élève d'une manière continue à 188 mètres de hauteur ; puis redescend de 1 mètre environ et se trouve ainsi à 187 mètres au-dessus du point de départ après un parcours total de 38 032 mètres. Sur cette longueur les parties courbes occupent un développement deux fois et demie plus grand que celui des alignements. Cependant les fortes pentes et les courbes roides et multipliées n'ont pas suffi pour triompher des accidents du terrain ; il a fallu en outre traverser dix-sept fois la même rivière, la rejoindre et percer dix-huit souterrains de 50 à 637 mètres de longueur. Parmi les ponts, celui de Dolhain est remarquable, il a 20 arcades de 10 mètres d'ouverture et de 17 à 18 mètres de hauteur.

Le chemin Rhénan, qui va de la frontière et de la petite ville d'Eupen à Cologne par Aix-la-Chapelle, Eschweiler et Düren a été construit dans des conditions à peu près analogues à celles des chemins belges.

L'inclinaison maxima est de 0m,005 et l'on n'en trouve pas

trois aussi fortes. L'une est une rampe de 162 mètres de long au sortir d'Aix. Les deux autres sont des pentes de 204 mètres chacune. On arrive à Aix par un plan incliné à machine fixe. Mais on aurait pu l'éviter, si l'on n'avait expressément tenu à passer par Aix, et si l'on était descendu en pente directe sur Düren.

Quant aux courbes, il n'y en a qu'une seule de 800 mètres de rayon après la station d'Eschweiler. Sur tout son parcours de 82 kilomètres, le chemin descend d'une manière presque continue, car il n'y a en tout que cinq rampes assez courtes. La dénivellation totale est de 202 mètres. La pente moyenne est donc de $0^{m},00246$ seulement.

Entre la frontière et la Roër le tracé est très-sinueux à cause du grand détour fait pour passer à Aix, ville de première importance, et à Eschweiler, bassin houiller très-abondant. Après quoi on trouve des alignements dont les plus grands sont de 4500 à 5000 mètres ; mais la longueur la plus ordinaire est de 2000 mètres ; puis le développement le plus commun devenant de 4500 mètres, on en rencontre néanmoins de 13 000 mètres et même de 23 000 mètres. Ces deux derniers, réunis par une courbe de 6000 mètres de rayon, forment l'arrivée à Cologne. La plus grande difficulté que l'on ait eu à surmonter dans l'exécution de ce chemin a été de franchir le faîte qui sépare l'Erft du Rhin. On n'a pu y parvenir qu'en perçant un souterrain de 1620 mètres dans des terrains difficiles aux environs de Kœnigsdorf.

CHEMINS A FORTES PENTES.

Les chemins de fer que nous avons encore à passer en revue ne se présentent plus avec les mêmes caractères que ceux précédemment étudiés. Ils ne sont plus, comme ces derniers, souvent parallèles à des voies navigables; ils ont été, au contraire, généralement établis dans des localités où il n'existait pas de voies navigables naturelles, et où il était presque impossible d'en pratiquer d'artificielles. Leur tracé n'admet pas toujours

l'emploi des machines locomotives dans toute la longueur de la ligne. Les moteurs varient avec l'inclinaison, qui dépasse souvent la limite sur laquelle les locomotives peuvent marcher avec avantage. Les plans inclinés à machines fixes et les plans automoteurs alternent avec les plans horizontaux. En quelques heures parfois, sur une même ligne (chemin de Hetton), on peut faire une étude complète des moteurs divers usités sur les railways.

Nous décrirons d'abord les chemins construits récemment sur lesquels le service se fait exclusivement avec des locomotives.

Chemin de Vienne à Trieste. — La grande ligne de Vienne à Trieste, d'une longueur totale de 629^{kil},60, dont 75^{kil},33 empruntés au chemin de Vienne à Gloggnitz, rencontre, au cœur des Alpes Noriques, de sérieuses difficultés. Le chemin de Gloggnitz, prolongé sur le Schotwien, arrive au pied du Sœmmering, le sommet le moins élevé des Alpes Styriennes, celui que franchit la grande route de Vienne à Trieste en un point élevé de 1014^{m},15 au-dessus du niveau de la mer et de 649^{m},68 au-dessus de la vallée de la Mury. Il traverse cette chaîne de montagnes en la gravissant au moyen de pentes qui atteignent 0^{m},025 et descend ensuite jusqu'à Gratz, capitale de la Styrie

La discussion du projet pour la traversée du Sœmmering[1] a présenté les mêmes phases qu'en Bavière pour le passage du Fichtelgebirge, et elle a abouti au même résultat : la locomotive est restée maîtresse du terrain, on a pu d'ailleurs se renfermer dans les mêmes limites pour l'inclinaison, mais à condition de répartir les rampes par des inflexions plus brusques et plus multipliées encore. Le rayon de courbure descend jusqu'à 190 mètres; mais sur rampe de 0,025, il ne s'abaisse pas au-dessous de 285 mètres, et la longueur maxima de l'arc est de 385 mètres. Le chemin franchit la ligne de faîte à 883 mètres au-dessus du niveau de l'Adriatique, à 462 mètres au-dessus

1. Extrait des *Annales des mines*, article de M. Couche.

de la station de Gloggnitz, distante de 28^{kil},8, et à 217 mètres au-dessus de la station de Murzzuschlag, éloignée de 12 kilomètres. Sur le versant nord, la hauteur rachetée par les 8 premiers kilomètres à peu près, c'est-à-dire de Gloggnitz à Payerbach, est seulement de 69^{m},6; la pente moyenne à partir de ce point jusqu'au sommet, est de 0,019; elle est de 0,018 sur le versant méridional; la répartition des inclinaisons varie de 10 000, à 0,025.

C'est seulement sur le versant nord que la limite de 0^{m},025 est atteinte, et sur une longueur totale de 4676 mètres. La plus longue de ces rampes de 0^{m},025, précédée seulement par un court palier de 630 mètres, a un développement de 3170^{m}. Le tracé du Sœmmering est donc, sous ce rapport, plus simple que celui du Fichtelgebirge, qui présente une rampe continue de 0^{m},025 sur 5400 mètres de long; mais aussi la hauteur totale à racheter est beaucoup plus grande au Sœmmering, le tracé est bien plus tourmenté en plan, et la puissance qu'on voulait obtenir des locomotives bien plus considérable. Il y avait là un ensemble de conditions difficiles à concilier et de nature à entraîner des modifications plus ou moins profondes dans quelques-unes des dispositions essentielles des machines [1].

Le prolongement de la grande ligne de Vienne à Trieste présentait au delà de Gratz des difficultés qu'on a réussi à vaincre, dit M. Couche, comme on l'espérait, avec un tracé bien plus favorable qu'au Sœmmering. Les rampes ne dépassent pas 16 $\frac{1}{2}$ millimètres.

Les conditions sont plus satisfaisantes encore pour le difficile accès de la ville de Trieste. Les rampes n'excèdent pas 12 millimètres. Le chemin part du nouveau lazaret; l'emplacement de la gare, parfaitement situé d'ailleurs, est conquis à

1. On avait adopté en 1844 un projet qui limitait les inclinaisons à 0,01975 sur le versant nord * et à 0,01998 sur le versant sud. Le tracé amendé est plus court de 2 kilomètres environ; il a surtout notablement simplifié les travaux d'établissement.

* *Notice sur les chemins de fer allemands en* 1844, par M. Baumgarten.

grands frais, d'un côté sur la montagne et de l'autre sur la mer par les remblais. La ligne suit la côte, passe à Boutorelles, Santa-Croce, et arrive à Nebresina, où doit se détacher la ligne de Trieste à Venise. Cette section, de $15^{kil},8$, dont les travaux sont poussés avec une très-grande activité, rachète une hauteur de $122^{m},30$, dont $418^{m},80$ sur $10^{kil},7$. Les courbes sont très-multipliées; leur nombre s'élève à 66 et leur développement à $6^{kil},2$, c'est-à-dire aux $\frac{2}{5}$ de la longueur de la section; mais trois seulement de ces courbes atteignent la limite de 291 mètres, et toutes les autres ont des rayons beaucoup plus grands.

Le tracé primitivement adopté de Nébresina à Venise est remis en question malgré l'importance attachée par le gouvernement au prompt achèvement de cette ligne.

Nous avons indiqué page 99 les causes qui ont fait écarter ce tracé.

Les courbes ont en général 285 mètres de rayon; on en trouve une au passage de Sœmmering qui n'a que 190 mètres.

Le service se fait uniquement avec le matériel américain propre au service des chemins à petites courbes et avec un matériel spécial que nous décrirons.

M. Lechatelier pense qu'on aurait pu, en exécutant un tunnel, réduire les pentes pour les passages du Sœmmering, à 10 millimètres par mètre, et qu'on a sacrifié, sans motifs bien décisifs, les intérêts de l'exploitation à l'économie des frais de premier établissement.

Il fait une observation semblable pour le chemin de Stuttgard à Ulm, où l'on aurait pu réduire de 22 à 10 millièmes la pente d'un plan incliné.

Chemins saxo-bavarois : section de Neuenmarkt à Marktschorgast[1]. — De Nuremberg jusqu'au Neuenmarkt, c'est-à-dire jusqu'au pied du Fichtelgebirge, montagne qui sépare les

1. Extrait de la 2e livraison de 1852 des *Annales des mines*, mémoire de M. Couche.

bassins du Main et de la Saale (un des affluents de l'Elbe), ce chemin ne présente, sauf des rampes très-courtes, que des inclinaisons de 0m,005 au plus et à l'exception des stations, que des courbes de 292 mètres de rayon au moins.

Mais le terrain présente, à partir de Neuenmarkt jusqu'à la frontière saxonne, des difficultés telles, qu'on crut devoir s'arrêter d'abord à l'idée d'un chemin desservi par des chevaux. On ne tarda pas toutefois à reconnaître que cette solution modeste ne répondait nullement, même d'après les évaluations les plus modérées, aux exigences du trafic ; d'ailleurs on n'eût pas évité, même à ce prix, des travaux très-coûteux et hors de proportion avec le résultat obtenu. On se décida donc à étudier le tracé au point de vue de l'application du matériel américain.

Parmi les diverses directions étudiées dans l'avant-projet, une seule, la vallée du Streitmülh (ou Schwarzbach), pouvait se prêter à l'établissement d'un chemin de fer. Tout le terrain occupé par cette vallée, d'une largeur très-variable, fut levé par courbes horizontales, et ce travail préliminaire abrégea et facilita singulièrement les études de détail.

Plus on avançait dans cet examen, plus les obstacles semblaient grandir : un moment même le mode de traction fut de nouveau mis en question, et on revint, en désespoir de cause, à l'idée des plans inclinés à câbles.

Une circonstance particulière pouvait d'ailleurs justifier, jusqu'à un certain point, cette solution, quand même elle n'eût pas paru la seule possible. On avait constaté, sur les hauteurs qui dominent Rohresreuth, l'existence d'une source probablement assez abondante pour permettre l'établissement d'une balance d'eau, combinaison déjà proposée par l'ingénieur Robinson pour le chemin de Pottville à Damville (États-Unis) ; mais ce projet fut bientôt abandonné à son tour.

Indépendamment des inconvénients inséparables de la remorque des trains au moyen d'un câble, des doutes s'élevaient sur la constance du débit de la source qui devait alimenter la balance.

Ramenés de nouveau en présence de la locomotive comme seule solution acceptable, déterminés d'ailleurs par une longue expérience du système américain et de ces inconvénients à n'imposer au matériel aucune concession de ce genre, les ingénieurs bavarois ont déduit de la discussion des exemples connus, les limites d'inclinaison et de courbures compatibles avec ces conditions, et dirigé leur tracé en conséquence.

La station de Neuenmarkt est située sur un palier de 3304 mètres, et à 352^{m},24 au-dessus du niveau de la Méditerranée. Le chemin présente, à partir de ce point, des rampes de 0^{m},014, 0^{m},025, 0^{m},0246 et 0^{m},0,025, sur des longueurs respectives de 1664, 2498, 1780 et 1129 mètres, et atteint le palier de la station de Marktschorgast à la cote de 510 mètres. Une hauteur de 157^{m},76 est donc rachetée sur un développement de 7071 mètres (inclinaison moyenne 0^{m},0223).

Les rayons de courbure varient entre 1168 mètres et 292 mètres; cette dernière limite n'est atteinte qu'une seule fois, à l'entrée de la station de Marktschorgast, et sur 194 mètres de longueur; en rampe, le rayon minimum est de 438 mètres.

Quant au profil, ce n'est pas par l'inclinaison, si inusitée qu'elle soit, c'est par la longueur jusque-là sans exemple de la rampe qu'il est surtout remarquable. Des rampes de 0^{m},025 et au delà étaient, depuis plusieurs années déjà, desservies par des locomotives, mais leur longueur ne dépassait pas 3 kilomètres, 3 kilomètres et demi au plus. Sur une rampe deux fois plus longue, les conditions pouvaient être gravement modifiées. Suffirait-il encore d'aborder le pied de la rampe avec une machine bien préparée, la chaudière bien en vapeur, le foyer bien rempli, le niveau d'eau très-élevé? Réussirait-on constamment à maintenir sur une pareille étendue la pression au degré nécessaire, à se mettre en garde contre les chances de ralentissement et d'arrêt, devenues bien plus graves en raison du développement de la rampe? La régularité du service serait-elle assurée en dépit de l'état des rails, de la direction et de l'intensité du vent? Un succès accidentel, un succès d'expérience

n'était pas douteux; mais il y avait une véritable hardiesse à compter sur le succès de tous les jours.

L'établissement du chemin entre Neuenmarkt et Marktschorgast a exigé des travaux également remarquables par leur importance, par quelques particularités de construction, et par leur caractère parfaitement en harmonie avec la nature sévère et grandiose de cette contrée.

De Neuenmarkt jusqu'au pied de la montagne, c'est-à-dire sur une longueur de 1^{kilom},66, le tracé suit à peu près la pente du sol; il entre en tranchée à 2 kilomètres au delà seulement sur 290 mètres de longueur et 8^{m},80 de profondeur, mais dans un terrain de grauwacke et de schiste argileux très-dur qui a exigé l'emploi presque continuel de la poudre. Le chemin se maintient à mi-côte entre les kilomètres 4 et 5, sauf la traversée de trois ravins très-profonds; puis il entre en tranchée d'une faible longueur (292 mètres), mais sur 27^{m},70, 12^{m},30 et 16^{m},60 de profondeur maximum, mesurée respectivement à partir des arêtes des talus et sur l'axe du chemin. L'ouverture de cette tranchée à travers un terrain de grauwacke et de schistes amphiboliques, a entraîné de très-grandes dépenses de main-d'œuvre et de poudre. A partir de là jusqu'au palier de Marktschorgast, c'est-à-dire sur une longueur de 2 kilomètres à peu près, les tranchées et les remblais se succèdent à des intervalles très-rapprochés; mais cependant à cause des profondes coupures et des pentes abruptes du terrain, les hauteurs de déblai et de remblai mesurées sur l'axe atteignent encore respectivement 7^{m},7 et 16 mètres.

La grande disproportion qui existe entre les cubes de déblai et de remblai, et la nécessité de réduire celui-ci au minimum (les emprunts exigeant l'ouverture de véritables carrières d'une exploitation dispendieuse), ont conduit à adopter un mode particulier pour la formation des remblais. Ce sont des ouvrages mixtes, participant à la fois des remblais proprement dits et des viaducs. Ils se composent d'un noyau formé des déblais meubles et en petits fragments, flanqué de deux murs en pier-

res sèches construits avec les fragments plus volumineux provenant aussi des tranchées, et maintenus eux-mêmes par deux murs de soutènement maçonnés en gros blocs de schiste micacé provenant de deux grandes carrières situées près de Marktschorgast. Tout ce massif est profondément enraciné dans le sol, et repose sur le roc vif taillé en gradins. Les talus ne sont pas plans; les parements des murs de soutènement sont des surfaces cylindriques; la coupe verticale du parement extérieur est un arc de cercle de 41 mètres de rayon, dont le centre est à $9^m,64$ au-dessus de la crête du remblai. L'inclinaison du talus sur la verticale est de 14° 30′ au sommet, et atteint 45° à $18^m,40$ au-dessous du niveau des rails; à partir de cette limite, quand la hauteur du remblai la dépasse, la tangente en ce point est substituée au prolongement de l'arc, pour éviter un empatement exagéré. Il va sans dire que cette disposition a été adoptée pour les parties à mi-côte comme pour les remblais complets.

Vers la partie supérieure, ce profil se rapproche de la logarithmique qui conduit, pour toutes les sections horizontales, à l'égalité de charge par unité de surface. Il s'écarte peu de la figure d'équilibre, pour le *glissement*, d'un massif homogène et doué de cohésion. Avec les talus plans, la stabilité d'un semblable massif décroît du haut vers le bas; pour qu'elle soit suffisante à la base, il faut qu'elle présente un excès de plus en plus grand vers le sommet.

La stabilité générale est donc, toujours en admettant l'assimilation à un massif homogène, sensiblement la même qu'avec des talus rectilignes ayant pour inclinaison celle de l'élément inférieur de l'arc; et la masse des ouvrages, ainsi que la largeur de terrains qu'ils occupent, sont notablement réduites. Pour une hauteur de $18^m,40$ par exemple, la largeur de l'emprise et la section du massif sont inférieures respectivement de 16 mètres et de $185^{m^2},36$ à celles qu'exigerait un simple remblai, avec talus plans à 45°; et la largeur en couronne étant de $9^m,60$, la largeur à la base et la masse de l'ouvrage sont réduites, l'une de 35, et l'autre de 36 pour cent.

Indépendamment de toute appréciation théorique, de toute hypothèse sur la forme des surfaces de rupture virtuelle, ce profil est justifié, au moins dans sa disposition générale par l'observation même des phénomènes que présentent souvent les remblais à talus plans et revêtus. Ces talus deviennent convexes, se roidissent beaucoup à la base, et cet accroissement d'inclinaison, joint à la dislocation des matériaux du revêtement, compromet la stabilité de toute la masse.

Un profil concave, avec une flèche notable, et un élément supérieur très-peu incliné sur la verticale ne peut d'ailleurs s'appliquer qu'à des talus revêtus, ou tout au moins consolidés par des moyens artificiels : il suppose l'existence de la cohésion, qui est presque nulle dans les remblais naissants ; et, fût-elle rétablie, elle ne résisterait pas longtemps à l'action de la pluie, des gelées, etc., actions dont le profil théorique ne tient pas compte, et qui, sans altérer la figure d'équilibre, entraînerait l'éboulement graduel des talus [1]. Une grande cohésion superficielle est du reste souvent indispensable, même pour les talus plans et beaucoup moins roides que le talus naturel ; de sorte qu'une forme voisine de la figure d'équilibre pourrait sans doute être appliquée assez fréquemment, sans aggraver beaucoup les dépenses de consolidation ou d'asséchement, et dès lors avec une économie très-notable.

L'épaisseur de maçonnerie, tant en pierre sèche qu'en pierre de taille, est au sommet de 2 mètres sur chaque flanc ; elle augmente graduellement avec la profondeur. Les joints sont normaux aux parements. Ces murs sont couronnés par de gros blocs de grès formant un parapet très-massif de $0^{m},51$ de haut et de $1^{m},75$ d'épaisseur. De nombreuses gargouilles débouchant sur les flancs assurent l'asséchement du noyau central.

Le cube total s'élève à 49 250 mètres pour la maçonnerie en

1. On sait que l'effet des dégradations de surfaces est précisément de mettre peu à peu en évidence la figure d'équilibre dans les remblais à talus rectilignes; ce phénomène a été observé depuis longtemps dans plusieurs tranchées.

pierre sèche, et 40 390 mètres pour la maçonnerie de mortier ; soit en tout 89 640 mètres pour les 7 kilomètres 71 mètres, ou en moyenne 12^{m3},6 par mètre courant.

Le plus remarquable des ouvrages de ce genre est celui qui a été exécuté pour le passage du Schützengraben, que le chemin de fer traverse à une hauteur de 32 mètres. L'épaisseur des murs, à la base, atteint 12 mètres et celle de tout le massif, mesuré horizontalement, 52 mètres.

Chemin de Brunswick à Harzbourg. — Ce chemin part de Brunswick et se développe, pendant une grande partie de son parcours, dans la plaine qui s'étend depuis le pied des montagnes du Harz jusqu'au littoral de la mer du Nord et de la mer Baltique; son profil ne présente des inclinaisons supérieures à 5 millièmes qu'aux abords de la station de Wissembourg à la limite de la plaine. A partir de cette station, le chemin gravit les premières pentes de la montagne en se tenant moyennement au niveau du sol; son inclinaison croît successivement jusqu'à 27^{m},7, limite qu'elle atteint à la station de Harzbourg, placée à l'entrée d'une gorge profonde, à 8 kilomètres environ du sommet de Broken. Le tableau ci-joint donne la longueur et l'inclinaison des rampes qui se succèdent depuis Wissembourg jusqu'à la station de Harzbourg.

LONGUEURS.	INCLINAISONS.	
Mètres.	Millimètres.	
141,5.	0,2	par mètre.
1234,8.	9,7	
2073,6.	10,0	
1141,2.	13,0	Moyenne des inclinaisons
1562,4.	13,1	12^{m},78.
1000,6.	17,2	
228,2.	10,2	
529,5.	27,7	
136,9.	5,0	Stations.
8048,7		

Pendant les deux premières années d'exploitation, les locomotives se sont arrêtées à Wissembourg; les wagons étaient traînés par des chevaux jusqu'à Harzbourg. On ne tarda pas à

reconnaître que ce mode d'exploitation n'était pas suffisant pour satisfaire à tous les besoins de la circulation, et, après quelques essais préliminaires faits avec les machines ordinaires, on commanda, en mai 1843, à Stephenson, deux machines à 6 roues couplées.

Depuis cette époque, ces machines font un service journalier assez actif et fonctionnent très-bien.

Chemin de Stuttgard à Ulm. — Ce chemin de fer, qui est établi à une seule voie sur toute son étendue, traverse les Alpes wurtembergeoises en rampe de $\frac{1}{45}$ (22 millimètres) sur un parcours de 6 à 7 kilomètres, avec des courbes de 260 mètres de rayon. On gravit cette rampe en se dirigeant de Stuttgard à Ulm. Dans l'autre direction, sur le versant opposé, en venant d'Ulm à Stuttgard, on s'élève, de la gare d'Ulm au sommet de la montagne, par des rampes de 14 à 15 millimètres par mètre.

Les trains de voyageurs partent de Stuttgard avec une machine américaine. Au pied de la rampe, on ajoute une *machine à marchandises à 6 roues couplées*. Cette machine a ses roues en fonte pleine; elle pèse 33 tonnes.

Le diamètre des roues est $1^m,160$.

Le diamètre des cylindres, $0^m,460$.

La course des cylindres, $0^m,660$.

Les cylindres sont extérieurs.

Leur écartement d'axe en axe $= 2^m,080$.

La distance des roues extrêmes d'axe en axe est de $3^m,200$.

Ces machines passent sans trop de difficultés dans des courbes de 260 mètres de rayon. Cependant, l'usure des bandages paraît y être considérable.

Sur la rampe de 22 millimètres, ces machines remorquent un poids *brut* de 130 tonnes, avec une vitesse de 17 à 18 kilomètres à l'heure.

Pour gravir les rampes de 14 à 15 millimètres, on se sert de deux machines ordinaires, soit mixtes, soit américaines; la

vitesse est d'environ 25 kilomètres à l'heure. La descente de la pente de 22 millièmes se fait sans vapeur, les freins serrés; on marche régulièrement et à une très-faible vitesse.

Chemin de Birmingham à Gloucester. — Ce chemin, embranché sur celui de Londres à Birmingham, se réunit à Cheltenham au chemin de Cheltenham à Oxford.

Il est courbe sur presque toute sa longueur, qui est de 72 500 mètres. Les plus petites courbes, qui se trouvent aux points d'arrivée et de départ des stations principales, ont 1600 mètres de rayon.

Les pentes varient entre 0 et 3,3 millièmes. A la sortie de la station de Birmingham, on trouve un plan incliné long de 3200 mètres, dont l'inclinaison est de $0^m,027$, et à peu de distance du point de jonction avec le chemin de Londres à Birmingham une pente de $0^m,012$ sur 1600 mètres de longueur.

Le plan incliné de Bromgrave est desservi par de puissantes machines américaines.

Chemin de Hetton. — Hetton est un petit village sur le terrain houiller de Newcastle, près duquel ont été ouverts plusieurs puits de mine servant à l'extraction d'une quantité considérable de charbon.

Toute la houille provenant de ces puits, dont la production est de 500,000 tonnes par an, est transportée par le chemin de fer au port de Sunderland à l'embouchure de la Wear. C'est uniquement dans le but de rendre profitable l'exploitation de la mine de Hetton que ce chemin a été établi par M. Stephenson, frère du célèbre ingénieur du chemin de Liverpool. Il a été posé à la surface du sol presque sans aucun terrassement. Si on en étudie le profil, on verra qu'à partir des mines, sur une longueur d'environ 1500 mètres, le railway est à peu près de niveau; il descend seulement de 7 mètres sur toute la longueur; mais, arrivé au pied d'une colline, il la gravit presque en ligne droite par trois plans inclinés successifs, puis il descend sur l'autre revers, du côté de Sunderland, par quatre plans automoteurs, séparés les uns des autres par des paliers

de 300 à 400 mètres de longueur, et enfin, du pied de la colline, il est faiblement incliné jusqu'à Sunderland, où se trouvent de nouveaux plans automoteurs et les embarcadères.

Nous avons fait le voyage sur un wagon chargé de houille jusqu'à Sunderland. La première partie du chemin est rapidement parcourue au moyen de machines locomotives; mais le mouvement se ralentit dès que les wagons sont attachés au câble remorqueur pour gravir la colline. Parvenu au point culminant, on est lancé vers Sunderland sur les plans automoteurs avec une vitesse qui s'accroît au point de devenir effrayante.

Sur chacun des paliers qui séparent les plans automoteurs, les convois sont détachés d'une corde pour être attachés à une autre. C'est vraiment chose merveilleuse que l'adresse et l'agilité des hommes qui changent les cordes. En quelques minutes, vous avez franchi les quatre plans automoteurs. Vous les quittez pour descendre encore par l'impulsion de la gravité; mais alors le poids des chariots chargés de houille qui vous portent, ne suffit plus pour faire monter les chariots vides en sens contraire : ceux-ci sont remorqués par une machine fixe au moyen d'une corde que les chariots pleins traînent derrière eux. Enfin, vous vous trouvez de nouveau sur un terrain à peu près horizontal. Ce n'est plus cependant une machine locomotive qui vous conduit à Sunderland : les wagons sont remorqués par une machine fixe, et les chariots sont attachés à deux cordes, l'une qui les traîne, l'autre qu'ils traînent; l'une qui les emmène chargés de houille, l'autre qui doit les ramener vides.

A Sunderland, le spectacle change. Le chemin de fer, au pied du plan automoteur qui conduit aux rives de la Wear, se subdivise en plusieurs branches aboutissant à autant de débarcadères. Trente ou quarante grands leviers, d'immenses bras en bois placés sur le bord de la Wear, saisissent les wagons, les déposent avec leurs charges sur les bâtiments qui couvrent la rivière, puis se relèvent majestueusement en reportant le wagon vide sur le chemin de fer. On les voit, ouvriers infatigables, continuellement s'abaisser et se redresser sans jamais

s'arrêter, et ce qui paraît extraordinaire, c'est qu'aucune machine ne leur communique le mouvement. C'est le wagon seul qui, arrivé sur une petite plate-forme portant un chemin de fer et suspendu à l'extrémité du levier, entraîne ce levier et descend par son poids. Un contre-poids, caché par une charpente, produit ensuite le mouvement du levier en sens inverse et fait remonter le wagon vide.

Les convois parcourent la distance totale de Hetton à Sunderland en 1 heure 25 minutes, et chaque wagon se vide sur le bateau en 1 minute 1/2.

Chemin de Darlington à Stockton. — Les mines de houille desservies par le chemin de Hetton et les chemins voisins sont toutes ouvertes à peu près au milieu du terrain houiller de Newcastle, dans une partie où les couches gisent à une grande profondeur. Les puits nécessaires pour atteindre ces couches traversent des terrains dans lesquels filtrent de véritables fleuves souterrains; ils coûtent souvent des sommes énormes. Au sud et au nord du bassin, les couches se relèvent de telle sorte, qu'on peut les exploiter près de leur affleurement à une distance du sol beaucoup moins considérable. Le charbon est de moins bonne qualité qu'auprès de Hetton, mais il coûte moins cher. C'est pour ouvrir un débouché à ces mines placées dans la partie méridionale du comté de Durham, que l'on a construit le chemin de Darlington à Stockton. Ce chemin, malgré le nom qu'il porte, commence à 19 kilomètres environ au nord-ouest de Darlington, mais il passe à une petite distance de Darlington, et près de Stockton il se subdivise en deux branches, l'une qui aboutit au port de Stockton, l'autre à celui de Middlesborough.

Sa longueur totale est de 40 kilomètres; l'embranchement de Middlesborough a 6 kilomètres 1/2 de longueur.

On remarque dans le voisinage des mines, quatre plans inclinés adossés deux à deux. Les deux premiers servent à franchir la colline d'Étherley, qui sépare la rivière Wear de la rivière Gaundles, l'une de ses branches; les deux autres sont établis sur le montant de Brusselton.

Des machines fixes, placées au sommet des deux collines remontent les wagons.

Du monticule d'Etherley au monticule de Brusselton, dans la vallée qui les sépare, comme la distance est fort courte, le transport s'opère au moyen de chevaux; du pied du plan de Brusselton jusqu'au port de Middlesborough, la pente descendant toujours vers la mer est très-variée, mais elle ne dépasse pas 96 millièmes. Les circuits n'ont quelquefois que 200 à 300 mètres de rayon.

Le transport s'effectue aujourd'hui, sur cette partie de la ligne, exclusivement avec des machines locomotives.

Lors de l'établissement du chemin de fer de Darlington, en 1822, on était loin de compter sur l'activité des relations auxquelles cette nouvelle voie de communication a donné naissance; aussi se borna-t-on à poser une seule voie. On ne s'inquiéta guère de rendre les pentes uniformes et d'adoucir les circuits, et on fit usage presque exclusivement de chevaux pour les transports sur les parties dont la pente n'atteignait pas 1 centième. En 1828, M. le chevalier Masclet n'indiquait dans un mémoire, publié par le *Journal du Génie civil*, que deux machines locomotives employées sur le chemin de Darlington. Lorsque, un peu plus tard, MM. Dechen et d'Œinhausen, officiers des mines de Prusse, visitèrent le même chemin, la Compagnie possédait six machines. En 1833, nous en avons compté vingt-trois.

La circulation sur ce chemin continuant à augmenter, on a, depuis quelques années, percé deux souterrains afin de supprimer les plans inclinés, et l'on effectue le transport des mines jusqu'au port, au moyen de locomotives.

Chemin de Cromford à Peakforest. — Ce chemin de fer est l'un des moins connus et des plus originaux de l'Angleterre; il a été établi au milieu d'une des parties les plus montueuses de l'Angleterre, et passe sur la cime la plus élevée du Derbyshire.

On s'élève jusqu'au point culminant d'un côté comme de

l'autre, par une série de plans inclinés dont l'inclinaison atteint quelquefois 11 centimètres.

Une partie, qui est à peu près de niveau sur environ 20 110 mètres de longueur, est parcourue par des chevaux. Le chemin est alors tracé sur le revers de la montagne, et en suit toutes les sinuosités en faisant des circuits de 200 mètres de rayon; les wagons, pour tourner facilement dans les circuits, ont un essieu pour chaque roue.

Sur les plans inclinés du chemin de Cromford, on ne se sert pas de cordes comme sur la plupart des autres chemins de fer, on a préféré par raison d'économie, l'usage des chaînes; et comme il leur arrive souvent de se rompre, les accidents sont fréquents.

C'est ce qui a déterminé l'autorité à défendre le transport des voyageurs sur cette ligne; quelques-uns cependant montent au risque de leur vie sur les wagons de marchandises.

Ce railway n'a coûté que 100 000 fr. par kilomètre. Destiné principalement au transport des marchandises de Manchester vers Nottingham, ou dans la direction contraire, il est de moitié moins long que la voie navigable. Cependant le tonnage y est presque nul, et les actions ont perdu toute leur valeur.

Chemins de Saint-Étienne à Lyon, à Andrezieux et à Roanne. — Trois chemins de fer partent de Saint-Étienne et ont été établis dans le but d'ouvrir un débouché au riche bassin houiller au centre duquel se trouve cette ville.

Celui de Saint-Étienne au petit port d'Andrezieux sur la Loire, a été le premier construit en 1824. Celui de Saint-Étienne à Lyon a été commencé en 1826, et le chemin de Saint-Étienne à Roanne en 1828. Le charbon transporté sur le premier de ces railways à Andrezieux, est embarqué sur la Loire pour être dirigés directement sur le Nivernais ou sur Paris, par les canaux de Briare et du Loing et la Seine; mais la Loire n'est navigable d'Andrezieux à Roanne, que pendant un petit nombre de jours chaque année, lors de ses grandes crues. Le chemin de Saint-Étienne à Roanne, parallèle sur une grande

partie de sa longueur au cours de la Loire, a été établi pour suppléer à cette navigation imparfaite. Quant au chemin de Saint-Étienne à Lyon, il est destiné à transporter la masse énorme de charbon qui descend de Saint-Étienne ou de Rive-de-Gier vers le Rhône, et à desservir la circulation des voyageurs entre Saint-Étienne et Lyon.

Le tracé du chemin de Saint-Étienne à Andrezieux, déterminé lorsque l'on commençait à peine à s'occuper sérieusement de la construction de grandes lignes de chemins de fer, est très-défectueux, et ne mérite, par conséquent, en aucune manière de fixer notre attention. Il serait injuste cependant de ne pas reconnaître le service qu'a rendu au pays feu M. Beaunier, inspecteur divisionnaire des mines, qui en est l'auteur, en introduisant pour ainsi dire en France ce nouveau genre de voie de communication. Tout autre ingénieur, à l'époque où il construisit le chemin d'Andrezieux, fût tombé dans les mêmes fautes.

Le tracé du chemin de Saint-Étienne à Lyon présentait d'immenses difficultés. De Saint-Étienne à Rive-de-Gier la distance n'est que de 21 000 mètres, et la différence de niveau est d'environ 300 mètres. Il fallait traverser la chaîne qui sépare le bassin de la Loire de celui du Rhône, et descendre vers Rive-de-Gier par une vallée rapide sur les berges de laquelle il n'était pas aisé de se développer. De Rive-de-Gier au bord du Rhône, on était encore obligé de suivre une vallée très roide et de plus fort étroite. Heureusement l'activité présumée de la circulation permettait, commandait même de ne pas reculer devant la dépense pour obtenir la plus grande viabilité possible. On perça un souterrain de 1500 mètres pour traverser la chaîne qui sépare Saint-Étienne de Rive-de-Gier, et, au moyen de remblais ou de tranchées, on régla la pente de manière à la rendre uniforme de Saint-Étienne à Rive-de-Gier. De Rive-de-Gier au Rhône, on suivait une vallée moins rapide, mais plus étroite. On se ménagea encore une pente uniforme en traversant les contre-forts par des souterrains ou des tranchées, et en se tenant à mi-côte par des remblais considérables. De Givors

à Lyon, le chemin remonte le cours du Rhône en longeant ce fleuve avec une très-faible pente.

De Saint-Étienne à Rive-de-Gier l'inclinaison est de 14 millimètres, de Rive-de-Gier à Givors de 6 millimètres 1/2, et de Givors à Lyon de 1/2 millimètre. Le rayon des courbes n'est jamais de moins de 500 mètres.

Avec un pareil tracé, rien de si facile que le trajet de Saint-Étienne à Lyon : les wagons descendent par l'impulsion seule de la gravité jusqu'à Givors; il suffit d'en modérer la vitesse à l'aide des freins. De Givors à Lyon, le transport s'effectue avec les machines locomotives; mais la descente des wagons ou voitures chargés est grevée des frais de remonte de la plus grande partie des véhicules à vide, et cette remonte devient très-dispendieuse, principalement entre Rive-de-Gier et Saint-Étienne. C'est un plan incliné de 21 000 mètres qu'il faut gravir. Sur une rampe aussi forte, l'emploi des locomotives et des chevaux est très-coûteux, et cependant l'inclinaison n'est pas assez grande pour admettre l'établissement d'appareils automoteurs. Le service des voyageurs serait d'ailleurs presque impraticable par ce dernier système et par celui des machines fixes.

On a reproché aux auteurs du tracé, MM. Brisson et Séguin, de n'avoir pas concentré la pente sur un plan incliné près de Saint-Étienne, pour descendre ensuite vers Rive-de-Gier par une pente plus douce, ou bien de n'avoir pas diminué l'inclinaison en se développant sur les berges de la vallée. Mais l'adoption du plan incliné eût entraîné les plus graves inconvénients pour le transport des voyageurs, et, pour quiconque a visité le pays, il était à peu près impossible de réduire la pente à une limite avantageuse pour le service des locomotives sans faire des circuits non moins préjudiciables à la viabilité.

Disons donc, avec le célèbre ingénieur Stephenson, que le tracé du chemin de Saint-Étienne est une œuvre qui fait honneur à MM. Brisson et Marc Séguin : il n'appartenait qu'à des hommes de génie de concevoir un travail aussi hardi.

Le chemin de fer de Saint-Étienne à Lyon n'est cependant pas à l'abri de la critique comme ouvrage d'art. Sans expérience alors sur les conditions de solidité que doivent remplir ces nouvelles voies de communication, on l'a construit trop légèrement. Il est à regretter aussi que l'on n'ait pas donné aux grands souterrains une largeur suffisante pour loger deux voies. Mais la Compagnie du Grand-Central, substituée aux anciennes Compagnies des chemins de Saint-Étienne à Lyon et de Saint-Étienne à Roanne, vient d'entreprendre des travaux qui auront pour résultat de les placer dans les conditions ordinaires de largeur de voie et de solidité des ouvrages.

Le chemin de fer de Saint-Étienne étant à deux voies sur la plus grande partie de son parcours, placé sur un terrain que l'on a payé fort cher (20 000 fr. l'hectare en moyenne), et comptant environ 4000 mètres de souterrains sur une longueur totale de 57 000 mètres, a coûté 450 000 fr. environ le kilomètre.

Chemin de Saint-Étienne à Roanne. — Le chemin de Saint-Étienne à Roanne ne nous présente plus les pentes uniformes du chemin de Lyon à Saint-Étienne. A une longue portion presque entièrement de niveau succèdent plusieurs plans inclinés d'environ 5 centièmes de pente. Le service se fait avec des machines locomotives sur la partie de niveau, et avec des machines fixes sur les plans inclinés.

Devait-on, pour éviter les plans inclinés, exécuter de longs et coûteux souterrains? C'est ce dont il est permis de douter, quand on sait combien était faible le chiffre de la circulation sur ce chemin quelques années même après l'ouverture.

Chemin d'Alais à Beaucaire. — On a souvent décrit les chemins de Roanne à Saint-Étienne et de Saint-Étienne à Lyon : aussi sont-ils généralement connus. Il n'en est pas de même du chemin d'Alais à Beaucaire qui, placé dans des circonstances analogues, ne présente peut-être pas moins d'intérêt.

Nous allons en étudier le tracé; nous le ferons précéder de celui du chemin des mines de la Grand'Combe à Alais, et nous y

joindrons le tracé du chemin de Nîmes à Montpellier. Nous ne ferons, au reste, pour ainsi dire, que mentionner ce dernier dont les détails ne nous offriraient rien de bien instructif.

Le chemin des mines de la Grand'Combe à Alais quitte les mines par un plan incliné en ligne droite, de 686 mètres de longueur, rachetant une hauteur de 56^{m},65 au moyen d'une pente graduée de haut en bas de la manière suivante :

Longueur,	100 mèt.	Pente,	0,093	Hauteur rachetée,	9,30
—	100 »	—	0,0875	—	8,75
—	100 »	—	0,085	—	8,50
—	86 »	—	0,0825	—	7,10
—	100 »	—	0,08	—	8,00
—	200 »	—	0,075	—	15,00
Longueur totale	686 mèt.	Pente moyenne	0,083	Hauteur totale rachetée	56,65

Puis, après un palier sur un viaduc de 40 mètres et une pente de 0,006 sur 178 mètres de longueur en courbe de 500 mètres de rayon, on arrive à un second plan incliné de 400 mètres ainsi gradué :

Longueur,	80 mèt.	Pente,	0,0525	Hauteur rachetée,	4,07
—	80 »	—	0,05	—	4,00
—	80 »	—	0,0475	—	3,76
—	80 »	—	0,045	—	3,60
—	80 »	—	0,0425	—	3,40
Longueur totale	400 mèt.	Pente moyenne	0,047	Hauteur totale rachetée	18,76

Après quoi le chemin passe des plans inclinés à l'allure ordinaire par quelques pentes fortes, mais assez courtes, qui sont les suivantes :

0,015	sur 384	mètres.
0,008	60	»
0,012	441	»
0,005	3660	»

Cette dernière est en partie dans un souterrain de 177 mètres de longueur.

Puis, jusqu'à Alais, le chemin continue à descendre, mais par une pente qui ne varie qu'entre 2 et 4 millimètres.

Quant aux courbes, elles sont sans cesse de faible rayon. On en compte :

1	de 175	mètres de rayon et de	80	mètres de longueur.
1	200	»	570	»
1	220	»	496	»
5	250	»	450	mètres de longueur environ.
1	275	»	230	»
1	300	»	400	»
2	350	»	400	mètres de longueur en moyenne.
1	425	»	521	»
1	450	»	470	»
10	500	»	200	»
3	750	»	300	»

Une seule enfin de 966 mètres sur 143 de développement.

Les alignements sont rares et peu étendus; ils ont ordinairement 200 mètres environ, si ce n'est en approchant d'Alais où l'on en trouve un de 716 mètres et un autre de 400 mètres.

Le chemin d'Alais à Beaucaire présente au début quelques courbes comparables aux précédentes, savoir :

1	courbe de	400	mètres de rayon sur	216	mètres de développement.		
1	—	514	» —	852	»	—	
1	—	482	» —	294	»	—	

Puis elles deviennent de 1000, 1400 et 1500 mètres et sont entremêlées de quelques alignements jusques un peu avant le souterrain de Ners, où il s'en trouve une de 700 mètres de rayon et de 500 mètres de développement, et une de 546 mètres de rayon sur 654 mètres de développement. Jusque-là les pentes se sont maintenues entre 1 et 4 millimètres, et on n'a rencontré qu'un seul palier de 560 mètres.

Le souterrain de Ners, de 1300 mètres de longueur, fait partie d'une pente de $2^{mm},5$. Elle est suivie d'un palier de 600 mètres à l'extrémité duquel se trouve le pont du Gardon. Ce pont a 222 mètres de longueur et 8 de hauteur au-dessus de l'étiage. Il est formé de 8 arches de 22 mètres d'ouverture. Après quoi la pente se reproduit toujours à peu près dans les mêmes limites jusques et au delà du village de Boncoiran, sous lequel le chemin passe par un petit tunnel. Puis vient une rampe de $3^{mm},5$ sur 3600 mètres de longueur, à laquelle succède un palier de 2500 mètres. Enfin, à l'entrée d'une rampe de

6 millimètres sur 8200 mètres de longueur, on arrive au viaduc de la Braune, de 200 mètres de long, de 14 mètres de haut, et composé de 16 arches de 10 mètres d'ouverture environ.

Quant aux courbes, elles se sont, depuis Ners, maintenues généralement au-dessus de 1000 mètres, à l'exception de trois, dont une après Boncoiran, de 700 mètres de rayon sur 242 de développement, et deux auprès du viaduc de la Braune, de 750 mètres de rayon sur 376 mètres de développement.

Au sommet de la rampe de 6 millimètres au Mas de Ponge se trouve un palier de 200 mètres, puis on redescend sur Nîmes avec une rampe de 12 millimètres sur 8100 mètres de longueur.

On passe dans le cours de cette rampe sur le viaduc de la Tour Magne, de 18 mètres de hauteur; sous la Tour Magne, au moyen d'un petit tunnel, sur le viaduc du Mas du Diable, et l'on arrive à un palier de 1400 mètres sur lequel se fait le raccordement avec le chemin de Nîmes à Montpellier.

De Nîmes à Beaucaire le tracé se trouve en plan dans les conditions les plus communes; il présente, à la vérité, une suite presque continuelle de courbes, mais celles-ci n'ont jamais plus de 1000 mètres de rayon.

Quant au profil, il offre d'abord, sur une longueur totale d'environ 10 kilomètres, quelques pentes de $3^{mm},5$, puis des rampes à la même inclinaison, le tout entremêlé de paliers de 800 à 1000 mètres. A l'issue de la dernière rampe on se trouve en palier sur 5210 mètres, puis on redescend sur Beaucaire par une pente continue de 7 millimètres sur 7690 mètres de longueur. On rencontre dans le cours de cette pente, en fait de travaux d'art, 1° le viaduc du Mas du Pauvre Ménage, de 125 mètres de long, de 12 mètres de haut, et de 9 arches de 9 mètres d'ouverture chacune.

2° Le souterrain de Beaucaire, de 300 mètres de longueur.

3° Enfin, le viaduc de Beaucaire, qui a 300 mètres de longueur, 11 mètres de hauteur, et qui est composé de 28 arches de 10 mètres d'ouverture chacune.

Ce chemin a été établi à simple voie sur toute sa longueur,

qui est de 92 kilomètres. Il se tient le plus souvent au niveau du sol; aussi, quoique traversant un pays fort accidenté, n'a-t-il donné lieu qu'à de faibles terrassements et à des travaux d'art peu considérables, si ce n'est le viaduc de Beaucaire.

Le chemin de Nîmes à Montpellier s'embranche, à une petite distance de Nîmes, sur celui d'Alais à Beaucaire au moyen d'une courbe de 1000 mètres. Son tracé est des plus simples : il décrit un assez grand nombre de courbes, mais leurs rayons sont tous entre 1500 et 1000 mètres, et plutôt de 1500 que de 1000. On descend, à partir de Nîmes, jusqu'à 7 kilomètres de Montpellier avec une pente presque continue, variant de 1 à 3 millimètres, puis on arrive à Montpellier par une rampe de $0^m,002$. Là, le chemin se raccorde avec celui de Montpellier à Cette, au moyen de trois courbes et contre-courbes successives de 600 mètres de rayon et de 500 à 700 mètres de développement. Ce sont les seules courbes de rayon au-dessous de 1000 mètres que l'on puisse citer.

Quant aux travaux d'art, il n'y en a point de remarquables, à moins qu'on ne veuille considérer comme tel le viaduc de la Gallargues, composé de 28 arches, long de 200 mètres et haut seulement de 7.

L'embarcadère de Nîmes a cela de particulier, que le chemin y est établi sur arcades à une hauteur de 10 mètres environ, et que les bureaux et salles d'attente sont situés au-dessous.

Chemin de Turin à Gênes[1]. — Le chemin de fer de Gênes à Turin, livré à la circulation au commencement de cette année (1854), a été commencé en 1846 par le gouvernement sarde, qui vient d'ouvrir le chemin d'Alexandrie à Novare, première section du chemin de fer d'Alexandrie au lac Majeur.

Le chemin de fer de Gênes à Turin, le premier qui traverse les Apennins, remplace la route royale construite depuis trente ans seulement. Les échos de ces montagnes, que les sons cadencés des clochettes des convois de mulets faisaient résonner,

1. Extrait du *Journal des Chemins de fer*.

retentissent aujourd'hui du sifflet de la locomotive, et annoncent une nouvelle victoire de l'industrie humaine sur les obstacles de la nature.

Ce chemin de fer a une très-grande importance, non-seulement parce qu'il joint deux villes capitales d'anciens États italiens aujourd'hui réunis, mais encore parce que, en réduisant à moitié frais les dépenses de transport des marchandises, il abaisse les prix d'importation, favorise l'exportation des riches produits de l'agriculture du Piémont, et développe les entreprises industrielles, en faisant arriver jusqu'au pied des montagnes, riches en cours d'eau, les matières premières, qui s'exporteront transformées en produits manufacturés.

Il exercera ainsi la plus heureuse influence sur la prospérité du Piémont et l'activité du port de Gènes, dont les intérêts sont solidaires depuis que le chemin de fer, obtenant, par ses bas prix, la préférence sur toutes les communications entre la mer et le Piémont, fait de Gènes le port du royaume de Sardaigne.

Ces avantages, appréciés depuis longtemps, auraient fait entreprendre ce chemin de fer plus tôt, si la nature n'avait présenté à son exécution de nombreux et sérieux obstacles.

Il fallait, en effet, traverser la chaîne des Apennins, dont le faîte, élevé d'environ 500 mètres au-dessus du niveau de la mer, n'en est éloigné que de 20 kilomètres; des rampes rapides et un long tunnel, dans une roche sans consistance, étaient inévitables; les seules vallées praticables sur les deux versants sont tortueuses, bordées de roches schisteuses en décomposition, et occupées par des torrents, dont le lit présente des escarpements qui atteignent souvent 30 mètres de hauteur verticale.

Arrivé dans la plaine, le chemin traverse les torrents de la Bormida, du Tanaro et du Pô, qui, à l'époque de la fonte des neiges tombées sur les montagnes voisines, deviennent, par le volume de leurs eaux, comparables aux fleuves les plus grands et les plus dangereux.

On conçoit que l'on ait tardé à entreprendre une communication présentant de si nombreuses difficultés. Mais, lorsque les chemins de fer, en se propageant en France et en Italie, eurent démontré les avantages de ce nouveau mode de communication et menacé, en favorisant des points rivaux, de faire perdre à Gènes une partie des avantages de sa position, il n'était plus possible d'hésiter.

Après avoir accordé, pour la construction de ce chemin de fer, une concession demeurée sans résultat sérieux, le gouvernement sarde se décida à faire exécuter lui-même les travaux, qu'il poursuivit, malgré les agitations politiques et les embarras financiers, avec une courageuse persévérance, aussi honorable pour lui que pour la nation qui, maintenant, recueille le fruit des sacrifices qu'elle s'est imposés.

La gare des voyageurs, point de départ à Gènes, est établie près du palais Doria. Après avoir longé le pied de la montagne qui entoure le port, le chemin de fer traverse un tunnel qui débouche à Saint-Pierre d'Arena, faubourg de Gènes; il remonte la vallée de la Polcevera jusqu'à Pontedecimo, puis s'engage dans le vallée du Ricco, qui le fait arriver au pied de la chaîne des Apennins, qu'il traverse au moyen d'un tunnel, et aboutit sur le versant nord; à Busala, dans la vallée de la Scrivia, qu'il suit jusqu'à Serravalle; de là il se dirige sur Novi et Alexandrie, en touchant à Frugarola, et traversant le torrent Bormida, ainsi que le champ de bataille de Marengo.

D'Alexandrie, le chemin de fer remonte la vallée du Tanaro jusqu'à Asti, puis les vallées du Borbore, de la Triversa, jusqu'à Villafranca; il s'élève, en passant près de Saint-Paul, au niveau de Villanova, qui appartient au bassin hydrographique du Pô; il passe un peu au nord de Villanova, se dirige sur Cambiana, touche à Truffarello, à Montcalier, et aboutit à Turin, à la porte Neuve, en face le palais du roi.

La distance de Gènes à Turin est de 165 kilomètres.

Dans la vallée des Apennins, le rayon des plus petites

courbes n'est pas inférieur à 400 mètres, sauf une seule exception où il est de 300 mètres; les rayons dans la plaine sont généralement supérieurs à 1000 mètres.

Le tableau suivant donne les hauteurs au-dessus de la mer, des principales inflexions du profil, ainsi que le maximum d'inclinaison adopté :

STATIONS.	HAUTEUR au-dessus du niveau de la mer.	DIFFÉRENCES de niveau.	DISTANCES horizontales en kilomètres.	INCLINAISONS exprimées en millimètres.	
				Moyenne.	Maxima adoptée.
	m	m	k	m	m
Gènes.	16 ,00				
Saint-Pierre d'Arena.	8 ,66	7 ,34	3 ,00	2 ,4	3 ,4
Pontedecimo.	90 ,00	81 ,34	9 ,85	8 ,3	11 ,0
Busalla.	361 ,23	271 ,23	9 ,60	28 ,2	35 ,0
Alexandrie.	95 ,05	266 ,18	52 ,55	5 ,1	8 ,0
Villafranca.	157 ,12	62 ,12	49 ,30	1 ,3	5 ,0
Villanova.	257 ,66	100 ,54	10 ,20	9 ,8	10 ,0
Montcalier.	225 ,76	31 ,96	22 ,50	1 ,4	4 ,0
Turin.	236 ,56	11 ,80	8 ,00	1 ,5	4 ,0

Il résulte de ces indications, que le chemin de fer, pour traverser les Apennins, s'élève de 345^{m},23 au-dessus de la station de Gènes, puis descend de 266^{m},18 pour atteindre la station d'Alexandrie, et remonte de nouveau de 162^{m},61 pour traverser le second seuil de partage entre les bassins hydrographiques du Tanaro et du Pô, puis descend de nouveau de 20^{m},10 pour arriver au niveau de la station et de la ville de Turin.

Entre Gènes et le tunnel des Apennins, le chemin de fer est à peu près constamment soutenu par des murs ou porté par des arcades, soit pour réduire l'occupation de terrains précieux, soit parce qu'il fallait défendre le chemin contre l'action des torrents, dont il occupe en partie le lit; et dans la vallée plus large de la Polcevera, les murs de soutènement ont été rem-

placés par des murs d'endiguement destinés à contenir et redresser le cours du torrent.

Sur le versant méridional des Apennins, on a ouvert deux tunnels ayant des longueurs de 686 et 197 mètres, et couvert la voie en quatre endroits différents sur les longueurs de 66, 106, 36 et 100 mètres. Le chemin de fer traverse le torrent Zecca sur un pont de 60 mètres d'ouverture en cinq arches, et le Ricco sur quatre ponts de 16 à 22 mètres d'ouverture. Les intersections de la route royale et de petits cours d'eau ont nécessité la construction d'un grand nombre de viaducs et aqueducs.

Le tunnel de Giovi, percé dans le massif des Apennins, traverse sur presque tout son parcours une roche décomposée qui exerce une grande pression, et a exigé, sur toute sa longueur de 3255^{m}, un solide revêtement en maçonnerie qui a absorbé au delà de 30 millions de briques.

Sur le versant septentrional et à 3 kilomètres au delà du tunnel de Giovi, commence, dans la vallée de la Scrivia, une série de tunnels, de ponts, viaducs et murs de soutènement qui transforment la construction du chemin de fer en un ouvrage d'art continu d'une étendue d'environ 12 kilomètres.

Les tunnels, au nombre de quatre, ont les longueurs de 860, 470 et 695 mètres. Des huit ponts jetés sur la Scrivia, quatre sont composés d'une arche de 40 mètres d'ouverture avec 10 de flèche et 25 mètres de hauteur; deux ont 60 mètres d'ouverture en 3 arches et de 14 à 23 mètres de hauteur; deux ont 60 mètres en 5 arches de 12 mètres d'ouverture et de 9 à 13 mètres de hauteur. On rencontre un viaduc de 320 mètres de longueur et d'une élévation de 27 à 30 mètres.

Sorti des gorges de la vallée, le chemin de fer franchit, sur des remblais élevés de 24 et 20 mètres, un affluent et une partie du lit de la Scrivia ; puis il traverse le village de Serravalle au milieu d'une large rue obtenue en démolissant un grand nombre de maisons, dont le prix d'acquisition était cependant inférieur à la dépense d'un mur de soutènement, qui, fondé dans le lit du torrent, aurait atteint une hauteur considérable.

Au delà de Serravalle, le chemin de fer est établi sur une chaussée élevée, à laquelle succède une longue tranchée, passe près de Novi, où il atteint la plaine, traverse la Bormida sur un pont de neuf arches, long de 135 mètres, et touche Alexandrie, où il traverse le Tanaro sur un pont de quinze arches, long de 150 mètres.

Dans la vallée du Tanaro, que le chemin de fer remonte, le torrent décrit une série de sinuosités qui donne à son cours l'aspect d'un immense serpent dont les replis atteignent en deux endroits, à Felizzano et à Annone, le pied des collines qui dominent la vallée, et, barrant le passage au chemin de fer, obligeaient ou à construire quatre ponts, ou à ouvrir deux nouveaux lits sur les longueurs de 730 et 850 mètres; l'on s'est arrêté à ce dernier parti, plus économique, malgré une dépense considérable en terrassements et ouvrages de défense contre les érosions.

Après avoir quitté la vallée du Tanaro, le chemin de fer remonte des vallées secondaires, creusées dans un terrain composé à peu près exclusivement d'argile de la variété désignée sous le nom vulgaire de glaise, qui formait presque les seuls déblais que l'on extrayait des tranchées, et dont on pouvait disposer pour exécuter des remblais considérables, que l'on n'a réussi à faire tenir qu'en élargissant considérablement leur base, qui va jusqu'à quatre ou cinq fois la hauteur des remblais.

Outre les viaducs pour conserver les communications et les aqueducs, les ouvrages d'art que le chemin de fer a exigés entre ce point de partage et Turin, comprennent le pont sur le Pô, à Montcalier, d'une longueur de 112 mètres en sept arches, et un pont de 30 mètres en trois arches sur le torrent Saagone.

Le chemin de fer de Gènes à Turin peut être comparé aux chemins de Manchester à Leeds et de Liége à Aix-la-Chapelle, pour le nombre, mais non pour l'importance des difficultés ren-

contrées, qui sont beaucoup plus grandes sur la ligne de Gènes à Turin.

Le prix par kilomètre est d'environ 630 000 fr.

Pour s'élever du niveau de la mer au sommet des Apennins sur la courte distance de 20 kilomètres, le profil du chemin de fer a dû admettre la plus forte inclinaison, $0^m,035$, que l'on ait encore adoptée sur les lignes de grande communication, et qui dépasse notablement la rampe de $0^m,025$ du passage du Sœmmering.

Les convois sont remorqués sur les rampes de $0^m,035$ par des locomotives à quatre roues du poids d'environ 22 tonneaux et disposées pour être réunies par la plate-forme du mécanicien, qui peut ainsi manœuvrer les deux locomotives nécessaires pour remorquer un convoi ordinaire.

Le mouvement à la remonte étant considérable, la dépense de combustible est très-élevée, et le gouvernement sarde se propose d'établir une série de machines fixes hydrauliques.

Nous ne devons pas terminer cet article sur le chemin de Turin à Gènes sans faire mention de l'habile ingénieur qui l'a construit, M. Mauss, attaché précédemment au service des ponts et chaussées, en Belgique, son pays, et auteur des plans inclinés de Liége.

CHAPITRE V.

FRAIS DE CONSTRUCTION DES CHEMINS ÉTABLIS ET RÉDACTION DES DEVIS POUR LES CHEMINS A CONSTRUIRE.

La rédaction des devis est une des opérations les plus importantes et les plus difficiles dont l'ingénieur chargé de la construction d'un chemin de fer ait à se préoccuper. Le succès d'une entreprise dépend essentiellement de l'exactitude des estimations faites de la dépense. Nous verrons plus loin que, pour un grand nombre de lignes établies, les erreurs de devis ont été considérables. L'appréciation des produits avait été fort heureusement autant au-dessous de la vérité que celle des dépenses, de manière qu'il s'est établi une sorte de compensation, et qu'en définitive les revenus ont dépassé les espérances des fondateurs. Mais il n'en faut pas moins s'attacher à calculer aussi exactement que possible le capital à émettre, surtout pour les lignes qui restent à construire et sur lesquelles la circulation ne sera pas aussi active que sur celles déjà existantes.

Pour y parvenir, il faut déterminer le prix de revient des chemins livrés à l'exploitation, et le décomposer dans ses éléments.

Prix de construction des chemins établis. — Ce prix de revient varie dans des limites fort étendues : c'est ce que prouvent les tableaux suivants, qui ont été dressés d'après des documents officiels publiés par les gouvernements d'Angleterre, de France, de Belgique, d'Allemagne et des États-Unis, ou d'après les comptes rendus des Compagnies.

CHEMINS ANGLAIS[1].

NUMÉROS D'ORDRE.	NOMS DES CHEMINS.	LONGUEUR des chemins exploités par les Compagnies[2]. à une voie.	à deux voies.	en totalité.	LONGUEUR totale concédée.	PRIX TOTAL de premier établissement par kilomètre[3], matériel compris.
1.	Aberdare (ligne affermée à la Cie du chemin de fer de Taff Vale). . . .	13	»	13	13	128 076
2.	Aberdeen.	11	82	93	94	473 315
3.	Ambergate, Nottingham et Boston, et Eastern junction.	»	32	32	144	447 164
4.	Arbroath et Forfar (ligne affermée à perpétuité à la Cie du chemin de fer d'Aberdeen)	»	25	25	25	266 666
5.	Ardrossan.	13	10	23	23	115 942
6.	Bangor et Caernarvon.	11	»	11	11	318 182
7.	Bedford (ligne affermée à la C du chemin de fer de London et North Western).	»	27	27	27	»
8.	Belfast et Ballymena..	61	»	61	105	179 841
9.	Belfast et County Down.	27	»	27	73	228 310
10.	Birkenhead, Lancashire et Cheshire junction.	1	52	53	55	»
11.	Birmingham, Wolverhampton et Stour Valley (ligne affermée à la Cie du chemin de fer de London et de North Western).	»	23	23	28	»
12.	Blackburn.	20	22	42	73	473 630
13.	Blyth et Tyne.	17	»	17	33	193 181
14.	Bodmin et Wadebridge.	24	»	24	24	»
15.	Bristol et Exeter.	49	122	171	255	421 333
16.	Buckinghamshire (ligne affermée à la Cie du chemin de fer de London et North Western)	51	34	85	104	398 798
17	Caledonian..	6	298	304	475	510 498
18.	Caledonian et Dumbartonshire junction..	»	13	13	55	393 909
19.	Chester et Holyhead (comprenant le chemin de fer de Mold).	11	147	158	161	673 809
20.	Cockemouth et Workington. . . .	14	»	14	15	238 886
21.	Colchester, Stour Valley, Sudburg et Halstead.	21	»	21	71	316 549
22.	Cork et Bandon..	32	»	32	97	172 164
23.	Cork, Blackrock et Passage. . . .	10	»	10	12	472 214
24.	Deeside..	26	»	26	26	136 202
25.	Dowlais.	1	2	3	»	»

1. Au 31 décembre 1853, d'après les documents officiels.
2. Le Gouvernement ne possède et n'exploite aucun chemin de fer.
3. Calculée d'après le capital d'actions et d'emprunts autorisé par le Parlement et la longueur totale concédée, au 31 décembre 1853. Ce capital sera probablement trop faible pour quelques chemins non encore terminés.

(Suite.)

NUMÉROS D'ORDRE.	NOMS DES CHEMINS.	LONGUEUR des chemins exploités par les Compagnies.			LONGUEUR totale concédée.	PRIX TOTAL de premier établissement par kilomètre, matériel compris.
		à une voie.	à deux voies.	en totalité.		
26.	Dublin et Belfast junction.	89	»	89	89	355 803
27.	Dublin et Drogheda.	43	57	100	100	317 666
28.	Dublin et Kingstown..	3	10	13	13	1 288 461
29.	Dublin et Wicklow..	»	15	15	55	303 030
30.	Dundalk et Enniskillen..	32	»	32	101	134 257
31.	Dundee et Arbroath (ligne affermée à la Cie du chemin de fer de Dundee, Perth et Aberdeen).	»	28	28	28	317 500
32.	Dundee et Newtyle (ligne affermée à la Cie du chemin de fer de Dundee, Perth et Aberdeen).	»	16	16	16	218 750
33.	Dundee et Perth, et Aberdeen junction.	»	33	33	36	601 804
34.	East Anglian..	78	29	107	133	300 757
35.	East Lancashire.	12	116	128	145	684 798
36.	East Lincolnshire (ligne affermée à la Cie du chemin de fer le Great Northern.	»	76	76	76	263 157
37.	Eastern Counties..	14	295	309	425	789 192
38.	Eastern Union.	17	116	133	167	448 602
39.	Edimburgh et Bathgate.	2	17	19	38	219 078
40.	Edimburgh et Glasgow	36	94	130	138	638 600
41.	Edimburgh, Perth et Dundee. . .	4	112	116	137	788 301
42.	Exeter et Crediton (ligne affermée à la Cie du chemin de fer de Bristol à Exeter).	9	»	9	9	333 330
43.	Forth et Clyde (Navigation de). — Compagnie propriétaire du chemin de fer de Drumpeller.	1	»	1	3	288 889
44.	Furness.	23	9	32	37	258 063
45.	Glasgow, Terminus général et Port.	»	4	4	7	1 190 471
46.	Glasgow et South Western.	37	245	282	534	347 167
47.	Gloucester et Dean Forest (ligne affermée à perpétuité à la Cie du Great Western).	»	13	13	17	496 372
48.	Great Northern.	»	381	381	561	477 917
49.	Great North d'Angleterre, Clarence et Hartlepool junction (ligne affermée à la Cie du chemin de fer de York, Newcastle et Berwick).	4	10	14	14	177 500
50.	Great Southern et Western.	»	303	303	418	214 415

(Suite.)

NUMÉROS D'ORDRE.	NOMS DES CHEMINS.	LONGUEUR des chemins exploités par les Compagnies. à une voie.	à deux voies.	en totalité.	LONGUEUR totale concédée.	PRIX TOTAL de premier établissement par kilomètre, matériel compris.
51.	Great Western.	6	485	491	923	571 487
52.	Hartlepool (dock et chemin de fer).	3	23	26	26	415 384
53.	Hereford, Ross et Gloucester. . . .	8	»	8	36	254 166
54.	South Eastern d'Irlande.	36	»	36	36	244 444
55.	Kendal et Windermere.	»	17	17	17	339 705
56.	Killarney junction.	65	»	65	65	134 615
57.	Lancashire et Yorkshire.	19	294	313	337	975 448
58.	(Preston et Wyre).	14	33	47	47	376 595
59.	Lancaster et Carlisle.	»	113	113	113	384 734
60.	Lancaster et Preston junction.. . .	»	33	33	33	434 090
61.	Leeds Northern.	33	79	112	145	513 436
62.	Liskeard et Caradon.	14	»	14	14	53 576
63.	Liverpool, Crosby et Southport. .	»	27	27	27	277 777
64.	Llanelly (dock et chemin de fer).. .	45	»	45	58	142 241
65.	Llynoi Valley.	28	»	28	52	71 875
66.	London et Blackwall.	»	8	8	69	5 474 000
		»	»	61		778 623
67.	London et Greenwich (ligne affermée à la Cie du chemin de London et South Eastern).	»	6	6	6	4 138 750
68.	London et North Western.	94	757	851	1173	825 552
69.	London et South Western.	110	290	400	610	414 101
70.	London, Brighton et South Coast. .	27	235	262	294	632 732
71.	Londonderry et Coleraine..	58	»	58	103	181 229
72.	Londonderry et Enniskillen. . . .	52	15	67	97	130 154
73.	Malton et Driffield junction. . . .	31	»	31	39	205 128
74.	Manchester et Southport.	»	5	5	73	353 869
75.	Manchester, Buxton, Matlock et Midland junction.	»	18	18	82	181 451
76.	Manchester, Sheffield et Lincolnshire.	9	257	266	375	664 913
77.	Manchester South junction et Altrincham (compris dans la Cie London et North Western et dans la Compagnie précédente.	»	15	15	15	»
78.	Maryport et Carlisle.	32	13	45	45	255 525
79.	Middlesbro et Redear (ligne affermée à la Cie du chemin de fer de Stockton et Darlington.	13	»	13	13	169 230
80.	Midland.	42	742	784	1026	505 900
81.	Midland Great Western d'Irlande..	47	157	204	292	222 317
82.	Monkland.	40	17	57	89	239 737

(SUITE).

NUMÉROS D'ORDRE.	NOMS DES CHEMINS.	LONGUEUR des chemins exploités par les Compagnies. à une voie.	à deux voies.	en totalité.	LONGUEUR totale concédée.	PRIX TOTAL de premier établissement par kilomètre, matériel compris.
83.	Monmouthshire (chemin de fer et canal)..	56	7	63	86	241 279
84.	Morayshire..	10	»	10	10	99 000
85.	Newcastle sur Tyne et Carlisle. . .	19	107	126	126	351 190
86.	Newmarket..	10	27	37	105	164 682
87.	Newport, Abergavenny et Hereford.	»	54	54	104	363 060
88.	Newry, Warrenpoint et Rostrevor.	9	»	9	13	256 409
89.	Norfolk (ligne affermée à la Cie du chemin de fer de Eastern Counties.	54	79	133	178	331 303
90.	Lowestoft.	18	»	18	18	444 444
91.	Northern et Eastern.	»	71	71	71	433 544
92.	North et South Western junction..	»	6	6	8	267 706
93.	North British..	7	231	238	262	426 653
94.	North Devon..	4	»	4	78	265 544
95.	North London (autrefois East and West India Docks et Birmingham junction..	»	13	13	15	1 999 443
96.	North Staffordshire.	17	182	199	221	658 371
97.	North Union (ligne affermée aux Cies du chemin de fer de London et North Western et Lancashire and Yorkshire.	»	64	64	64	482 812
98.	North Western.	13	61	74	106	414 929
99.	Oxford, Worcester et Wolverhampton.	26	116	142	186	550 134
100.	Preston et Longridge (ligne affermée à la Cie du chemin de fer de Fleetwood, Preston et West Riding junction..	10	»	10	10	145 000
101.	Royston et Hitchin (ligne affermée à la Cie du Great Northern.. . . .	»	29	29	29	398 389
102.	Saint Andrew's.	7	»	7	7	100 000
103.	Saint Helene (canal et chemin de fer).	7	32	39	54	428 935
104.	Saundersfoot	11	»	11	11	94 318
105.	Central Ecossais.	7	73	80	107	404 009
106.	Midland junction Ecossais.	3	52	55	82	243 902
107.	Sheffield, Rotherham, Barnsley, Wakefield, Huddersfield et Goole.	17	»	17	17	685 845
108.	Shrewsbury et Birmingham.. . . .	»	47	47	57	786 425
109.	Shrewsbury et Chester.	25	65	90	94	443 617

(Suite.)

NUMÉROS D'ORDRE.	NOMS DES CHEMINS.	LONGUEUR des chemins exploités par les Compagnies. à une voie.	à deux voies.	en totalité.	LONGUEUR totale concédée.	PRIX TOTAL de premier établissement par kilomètre, matériel compris.
110.	Shrewsbury et Hereford.	75	6	81	81	185 185
111.	Shropshire Union (canal et chemin de fer.	»	29	29	228	482 456
112.	South Devon.	70	21	91	110	587 083
113.	South Eastern.	15	394	409	441	645 996
114.	South Staffordshire.	»	41	41	59	533 898
115.	South Wales.	57	143	200	359	308 054
116.	South Yorkshire (chemin de fer et rivière Dun).	4	27	31	79	434 691
117.	Stirling et Dumfernline.	»	40	40	40	325 000
118.	Stockton et Darlington.	14	47	61	61	430 327
119.	Taff Vale.	27	29	56	77	346 753
120.	Ulster.	»	57	57	57	350 877
121.	Vale Neath.	16	25	41	59	336 158
122.	Warrington et Stockport.	16	»	16	31	322 258
123.	Waterford et Kilkenny.	46	»	46	50	299 500
124.	Waterford et Limerick.	87	35	122	122	204 918
125.	Waterford et Tramare.	12	»	12	12	133 333
126.	Wear Valley (ligne affermée à la Cie du chemin de Stockton et Darlington.	49	20	69	69	298 540
127.	West Cornwall.	56	2	58	71	234 154
128.	West Hartlepool (port et chemin de fer).	»	72	72	72	692 592
129.	West London (ligne affermée aux Cies du chemin de London and North Western et du Great Western.	5	»	5	5	1 375 000
130.	Whitehaven et Furness junction. .	56	»	56	59	199 124
131.	Whitehaven junction.	19	»	19	20	271 250
132.	York et North Midland.	64	389	453	546	356 303
133.	York, Newcastle et Berwick. . . .	58	437	495	598	536 739
134 à 142.	Lignes diverses comprises dans les chemins qui précèdent.					
	Totaux.	2725	9637	12362	17051	450 709

SITUATION GÉNÉRALE DES CHEMINS DE FER DE LA GRANDE-BRETAGNE AU 31 DÉCEMBRE 1853.

NOMBRE des lignes.	LONGUEURS						CAPITAL DE PREMIER ÉTABLISSEMENT.		
	EN EXPLOITATION			en construction.	en construire.	TOTAL concédé.	LEVÉ	AUTORISÉ[2]	
	à une voie.	à deux voies.	ensemble.					Total.	par kilomètre.
	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	fr	fr.	fr.
92	»	»	»	465	2844	3309	6 811 160 420	9 118 288 319	450 709
136[1]	2724	9593	12317	950	3655	16922			
6	1	44	45	»	84	129	Pas de capital autorisé.		
6	Longueur non indiquée.						21 952 500	50 955 000	
Totaux..	2 725	9637	12362	1415	6583	20360	6 833 112 920	9 169 243 319	450 709

1. On remarquera que 6 de ces entreprises embrassent, outre des portions de chemin de fer, des travaux de docks et de navigation; cela a du reste peu d'influence sur le capital autorisé qui, pour ces 6 entreprises atteint environ 420 000 fr., ce qui diffère peu de la moyenne générale que nous trouvons être 450 000 fr. par kilomètre.
2. Ces sommes comprennent le capital levé.

On remarquera en parcourant les tableaux précédents que les lignes qui ont coûté un million ou au delà par kilomètre sont placées dans des conditions exceptionnelles. Tels sont, par exemple, les chemins de Londres à Blackwall, Londres à Greenwich et Dublin à Kingstown, construits sur une petite longueur entièrement aux abords d'une capitale. Tel aussi le chemin classé sous le n° 45 de notre tableau, qui contient, outre le chemin de fer proprement dit, la construction d'un

port. Le prix de revient d'autres lignes établies depuis longtemps (Great Western, etc.) ne paraît pas aussi élevé qu'on l'aurait supposé. Cela tient à l'emploi qu'on a fait d'une partie du capital pour la construction d'embranchements beaucoup moins coûteux que la ligne principale. Enfin, si le coût de la plupart des lignes affermées est peu considérable, il faut l'attribuer sans doute à ce que les Compagnies fermières ont fourni partie ou totalité du matériel roulant.

La plupart des chemins anglais ayant changé de nom par suite de la fusion des Compagnies, nous croyons utile de publier, indépendamment du tableau qui précède et qui est dressé sur des documents officiels, un autre tableau du prix de revient en 1843 des grandes lignes anglaises avec l'indication du cube des terrassements sur une partie de ces lignes et de leur produit.

NUMÉROS D'ORDRE.	DÉSIGNATION DES LIGNES.	LONGUEURS.	TERRASSEMENTS.	DÉPENSES PAR KILOMÈTRE. Année 1843[1].	RECETTES PAR KILOMÈTRE. Année 1842[2].
		kil.	kil.	fr.	fr.
1	Birmingham à Gloucester. . .	88	36 000	417 614	27 000
2	Chester à Berkenead.	23	39 000	573 390	33 000
3	Eastern Counties.	82	»	834 695	15 000
4	Edimbourg à Glascow.	74	»	530 405	31 500
5	Glascow à Ayr. . . . , . . .	83	»	310 313	17 000
6	Grand junction.	182	»	326 250	77 000
7	Great North of England. . . .	72	15 000	421 723	23 500
8	Lancaster à Preston.	33	47 000	370 820	16 000
9	Liverpool à Manchester. . . .	50	43 000	764 700	119,000
10	Londres à Southampton. . . .	150	»	431 803	53 000
11	Londres à Birmingham. . . .	181	67 000	822 895	112 000
12	Londres à Bristol.	190	»	875 000	88 500
13	Londres à Brigthon.	74	74 000	889 875	40 000
14	Londres à Greenwich.	6	»	4 824 337	227 500
15	Londres à Blackwall.	6	»	5 378 133	199 500
16	Manchester à Leeds.	81	48 000	963 975	75 500
17	Newcastle à Carlisle.	98	»	270 663	20 000
18	North Midland.	117	62 000	714 673	46 500

1. D'après le cinquième rapport du comité des chemins de fer à la Chambre des communes.
2. Ces recettes sont données pour l'année 1842. Le montant de celles de l'année 1843 peut être évalué à 1/10 de plus.

NOMS DES COMPAGNIES.	PARCOURS DES CHEMINS.	LONGUEUR DES CHEMINS TERMINÉS. une voie.	deux voies.	totale.
		kil.	kil.	kil.
Chemin de ceinture.	Autour de Paris.	»	17,00	17,00
Nord.	Paris à la frontière par Lille et Valenciennes.	»	338,00	338,00
	Lille à Dunkerque et Calais. .	»	145,00	145,00
	Amiens à Boulogne.	»	124,00	124,00
	Creil à Saint-Quentin.	»	102,00	102,00
	Paris au Pecq.	»	18,05	18,05
	Le Vésinet à Saint-Germain (chemin atmosphérique). .	2, 5	»	2,05
	Asnières à Argenteuil.	4, 5	»	4,05
Ouest-Nord-Ouest.	Paris à Auteuil.	»	8,01	8,01
	Paris à Rouen.	»	140,00	140,00
	Rouen au Havre.	»	92,00	92,00
	Rouen à Dieppe.	»	50,00	50,00
	Paris à Versailles (rive droite).	»	19,00	19,00
	» (rive gauche)	»	17,00	17,00
Orléans.	Paris, Orléans et Corbeil. . . .	»	133,00	133,00
	Orléans à Bordeaux par Tours.	»	461,00	461,00
	Tours à Nantes.	»	194,00	194,00
	Centre, Clermont et Limoges. .	»	320,00	320,00
Est.	Paris à Strasbourg.	»	502,00	502,00
	Frouard à Metz et Forbach. .	»	122,00	122,00
	Metz à Thionville[1].	»	»	30,00
	Épernay à Reims..	30,00	»	30,00
	Strasbourg à Vissembourg[2]. .	»	»	58,00
	Strasbourg à Bâle.	»	135,00	135,00
	Mulhouse à Thann..	20,00	»	20,00
	Blesmes à Gray[3].	17	»	17,00
	Montereau à Troyes.	100,00	»	100,00
Midi.	Bordeaux à La Teste.	52,00	»	52,00
Orsay.	Paris à Sceaux.	11,00	»	11,00
Paris à Lyon.	Paris à Lyon.	»	508,00	508,00
	Lyon à Saint-Étienne.	»	57,00	57,00
	Saint-Étienne à Andrezieux. .	18,00	»	18,00
Chemin de junction du Rhône à la Loire (Grand-Central).	Andrezieux à Roanne.	68,00	»	68,00
	Lyon à la Méditerranée. . . .	»	125,00	125,00
	Avignon à Marseille.	»	122,00	122,00
	Beaucaire à Nîmes et Alais.. .	64,00	28,00	92,00
	Nîmes à Montpellier.	»	52,00	52,00
	Montpellier à Cette..	27,00	»	27,00

1. Supposant la seconde voie posée. — 2. Supposant la seconde voie posée. — 3. Ligne inachev payées à la compagnie de Saint-Germain. — 6. Cette compagnie ne possédait pas de matériel roula

FRANÇAIS.

LONGUEUR DES VOIES ACCESSOIRES pour 100 kilomètres de chemin	DISTANCE MOYENNE entre LES STATIONS.	DÉPENSES MOYENNES DE PREMIER ÉTABLISSEMENT PAR KILOMÈTRE.			RECETTE BRUTE DE L'EXPLOITATION. par kilomètre.	DATES	
		par l'État.	par la compagnie.	totale.		de l'exercice.	de l'ouverture de la ligne entière.
kil.	kil.	fr.	fr.	fr.	fr		
»	1,31	»	»	11500,000[4]	39,400	1854	1853
	8,33	»	444,000	444,000			1846
22,50		»	264,000	264,000	56,000	1854	1848
		»	300,000	300,000			1850
		»	240,000	240,000			1837
							1847
»	3,70	»	1,081,100	1,081,100			
»	2,50	712,000	1,805,000	2,517,000	70,400	1854[5]	1851
»	2,25	»	97,000	97,000			1854
»	1,35	»	432,000	432,000			
19,00	8,12	»	484,000	484,000	81,500	1854	1843
»	7,66	»	634,000	634,000	54,000	1853	1847
»	10,00	»	281,800	281,800	16,855	1855[6]	1848
»	2,71	»	872,800	872,800	81,600	1851	1839
»	2,43	»	1,015,000	1,015,000	50,000	1852	1840
33,00	5,54	»	460,000	460,000	82,300	1853	1843
»	8,40	176,000	152,000	328,000	37,634	1854	1853
»	6,50	230,000	190,000	420,000			1851
»		190,000	123,000	313,000			1854
21,40	8,23	211,000	216,000	427,000			1852
16,30	7,62		278,000	278,000	43,300	1854	1852
»	6,00		224,000	224,000			1854
»	7,50	250,000	67,000	317,000			1854
26,00		»	217,240	217,240	»	»[7]	
»	4,86	»	310,000	310,000	24,500	1854	1841
»	5,25	»	147,500	143,500	14,000	1854	1839
»	»	»	»		11,400	1854	1854
»	7,70	»	221,100	221,100	14,700	1854	1848
»	4,73	»	115,000	115,000	4,900	1853	1842
»	3,25	»	520,000	520,000	30,100	1853	1846
»	8,76	169,000	394,000	563,000	58,500	1854	1854
»	4,07	»	454,800	454,800	93,200	1852	1832
»	5,66	»	115,900	115,900	25,300	1852	1827
»	7,55	»	198,000	198,000	16,000	1852	1833
»	6,25	»	445,000	445,000	»	»	1855
»	7,50	80,000	664,000	744,000	41,800	1853	1849
»	5,41		210,800	210,800	23,800	1851	1840
»	3,27	290,000	»	290,000	20,000	1852	1845
»	6,75	»	183,300	183,300	18,000	1850	1839

— 4. Non compris le matériel fourni par la compagnie. — 5. Le capital correspondant aux redevances
— 7. Non encore exploité, mais achevé.

NOMS DES COMPAGNIES.	PARCOURS DES CHEMINS.	LONGUEUR DES CHEMINS TERMINÉS. une voie.	deux voies.	totale.
		kil.	kil.	kil.
Chemin de ceinture.	Autour de Paris.	»	17,00	17,00
Nord.	Paris à la frontière par Lille et Valenciennes.	»	338,00	338,00
	Lille à Dunkerque et Calais. .	»	145,00	145,00
	Amiens à Boulogne.	»	124,00	124,00
	Creil à Saint-Quentin.	»	102,00	102,00
	Paris au Pecq.	»	18,05	18,05
	Le Vésinet à Saint-Germain (chemin atmosphérique). .	2, 5	»	2,05
	Asnières à Argenteuil.	4, 5	»	4,05
Ouest-Nord-Ouest.	Paris à Auteuil.	»	8,01	8,01
	Paris à Rouen.	»	140,00	140,00
	Rouen au Havre.	»	92,00	92,00
	Rouen à Dieppe.	»	50,00	50,00
	Paris à Versailles (rive droite).	»	19,00	19,00
	» (rive gauche)	»	17,00	17,00
Orléans.	Paris, Orléans et Corbeil. . . .	»	133,00	133,00
	Orléans à Bordeaux par Tours.	»	461,00	461,00
	Tours à Nantes.	»	194,00	194,00
	Centre, Clermont et Limoges. .	»	320,00	320,00
Est.	Paris à Strasbourg.	»	502,00	502,00
	Frouard à Metz et Forbach. .	»	122,00	122,00
	Metz à Thionville[1].	»	»	30,00
	Épernay à Reims..	30,00	»	30,00
	Strasbourg à Vissembourg[2]. .	»	»	58,00
	Strasbourg à Bâle.	»	135,00	135,00
	Mulhouse à Thann..	20,00	»	20,00
	Blesmes à Gray[3].	17	»	17,00
	Montereau à Troyes.	100,00	»	100,00
Midi.	Bordeaux à La Teste.	52,00	»	52,00
Orsay.	Paris à Sceaux.	11,00	»	11,00
Paris à Lyon.	Paris à Lyon.	»	508,00	508,00
	Lyon à Saint-Étienne.	»	57,00	57,00
	Saint-Étienne à Andrezieux. .	18,00	»	18,00
Chemin de junction du Rhône à la Loire (Grand-Central).	Andrezieux à Roanne.	68,00	»	68,00
	Lyon à la Méditerranée. . . .	»	125,00	125,00
	Avignon à Marseille.	»	122,00	122,00
	Beaucaire à Nîmes et Alais.. .	64,00	28,00	92,00
	Nîmes à Montpellier.	»	52,00	52,00
	Montpellier à Cette..	27,00	»	27,00

1. Supposant la seconde voie posée. — 2. Supposant la seconde voie posée. — 3. Ligne inachevée payées à la compagnie de Saint-Germain. — 6. Cette compagnie ne possédait pas de matériel roulan

FRANÇAIS.

LONGUEUR DES VOIES ACCESSOIRES pour 100 kilomètres de chemin	DISTANCE MOYENNE entre LES STATIONS.	DÉPENSES MOYENNES DE PREMIER ÉTABLISSEMENT PAR KILOMÈTRE.			RECETTE BRUTE DE L'EXPLOITATION. par kilomètre.	DATES	
		par l'État.	par la compagnie.	totale.		de l'exercice.	de l'ouverture de la ligne entière.
kil.	kil.	fr.	fr.	fr.	fr		
»	1,31	»	»	11500,000[4]	39,400	1854	1853
22,50	8,33	»	444,000	444,000	56,000	1854	1846
		»	264,000	264,000			1848
		»	300,000	300,000			1850
		»	240,000	240,000			1837
							1847
»	3,70	»	1,081,100	1,081,100	70,400	1854[5]	1851
»	2,50	712,000	1,805,000	2,517,000			1854
»	2,25	»	97,000	97,000			
»	1,35	»	432,000	432,000			
19,00	8,12	»	484,000	484,000	81,500	1854	1843
»	7,66	»	634,000	634,000	54,000	1853	1847
»	10,00	»	281,800	281,800	16,855	1855[6]	1848
»	2,71	»	872,800	872,800	81,600	1851	1839
»	2,43	»	1,015,000	1,015,000	50,000	1852	1840
33,00	5,54	»	460,000	460,000	82,300	1853	1843
»	8,40	176,000	152,000	328,000	37,634	1854	1853
»	6,50	230,000	190,000	420,000			1851
»		190,000	123,000	313,000			1854
21,40	8,23	211,000	216,000	427,000	43,300	1854	1852
16,30	7,62		278,000	278,000			1852
»	6,00		224,000	224,000			1854
»	7,50	250,000	67,000	317,000			1854
26,00		»	217,240	217,240	»	»[7]	
»	4,86	»	310,000	310,000	24,500	1854	1841
»	5,25	»	147,500	143,500	14,000	1854	1839
»	»	»	»		11,400	1854	1854
»	7,70	»	221,100	221,100	14,700	1854	1848
»	4,73	»	115,000	115,000	4,900	1853	1842
»	3,25	»	520,000	520,000	30,100	1853	1846
»	8,76	169,000	394,000	563,000	58,500	1854	1854
»	4,07	»	454,800	454,800	93,200	1852	1832
»	5,66	»	115,900	115,900	25,300	1852	1827
»	7,55	»	198,000	198,000	16,000	1852	1833
»	6,25	»	445,000	445,000	»	»	1855
»	7,50	80,000	664,000	744,000	41,800	1853	1849
»	5,41		210,800	210,800	23,800	1851	1840
»	3,27	290,000	»	290,000	20,000	1852	1845
»	6,75	»	183,300	183,300	18,000	1850	4839

— 4. Non compris le matériel fourni par la compagnie. — 5. Le capital correspondant aux redevances
— 7. Non encore exploité, mais achevé.

NUMÉROS D'ORDRE.	NOMS des ÉTATS ET DES CHEMINS.	PARCOURS.	LONGUEUR des chemins exploités à une voie.	LONGUEUR des chemins exploités à deux voies.
	Prusse.		kil.	kil.
1.	Aix-la-Chapelle-Dusseldorf. . . .	par Gladbach.	47	»
	Ruhrort-Crefeld-Gladbach.	Gladbach, Crefeld, Homberg, près Ruhrort.	42	»
2.	Berg-Marche.	Elberfeld à Dortmund.	58	»
3.	Berlin-Anhalt.	Berlin à Cothen, par Juterbogh. .	173	58
	Et embranchement	de Juterbogh à Riesa.		
4.	Berlin Hambourg.	par Wittenberge, Haguenow, Büchen.	146	150
	Et embranchement	de Büchen sur Lauenbourg. . . .		
5.	Berlin-Potsdam-Magdebourg. . . .	. . . . .	96	51
6.	Berlin-Stettin.	. . . . .	134	»
7.	Stettin-Stargard.	. . . . .	34	»
8.	Stargard-Posen.	par Kreuz.	170	»
9.	Bonn-Cologne.	. . . . .	29	»
10.	Breslau-Fribourg-Schweidnitz. . .	Breslau à Hermsdorf, par Freibourg.	66	»
	Et embranchement	de Konigszelt à Schweidnitz. . .		
11.	Cologne Minden.	par Dusseldorf, Oberhausen, Dortmund, Hamm, Lohne. . .	194	84
	Et embranchement	de Duisbourg et d'Oberhausen à Ruhrort.		
12.	Dusseldorf-Elberfeld.	par Vohwinkel.	26	»
13.	Magdebourg-Cothen-Halle-Leipzig.	. . . . .	»	118
14.	Magdebourg-Halberstadt.	par Oschersleben.	22	36
15.	Magdebourg-Wittenberge.	. . . . .	106	»
16.	Münster Hamm.	. . . . .	35	»
17.	Neiss-Brieg.	. . . . .	44	»
18.	Basse Silésie et Marche.	Berlin à Breslau, par Francfort-sur-l'Oder, Hansdorf, Kohlfurt	388	»
	Et embranchement	de Kohlfurt à Gorlitz.		
19.	Basse Silésie (embranchement de). .	Hansdorf à Glogau.	70	1
20.	Haute Silésie.	Breslau à Myslowitz, par Brieg et Kandrzin, près Kosel. . . .	130	67

1. D'après le tableau de M. Hauchecorne, la statistique du Congrès des chemins de fer allemands
2. Revenus extraordinaires non compris.

ALLEMANDS[1].

Longueur des chemins exploités par les gouvernements.	Longueur des chemins exploités par les compagnies.	Longueur des chemins exploités en totalité.	Longueur des voies accessoires pr 100 kilomètres de chemin.	Description sommaire. Souterrains. Nombre total.	Description sommaire. Viaducs. Nombre total.	Description sommaire. Ponts. Nombre total.	Description sommaire. Stations. Distance moyenne.	Prix total de premier établissement par kilomètre.	Recette brute de l'exploitation par kilomètre[2], matériel compris.
kil.	kil.	kil.					kil.	fr.	fr.
47	»	47	»						
42	»	42	»	»	»	1	5,0	189 928	8 466
58	»	58	»	1	2	174	4,5	397 698	19 396
»	231	231	»	»	»	»	11,0	121 528	16 987
»	296	296	»	»	18	332	12,3	204 453	19 914
»	147	147	10	»	»	79	13.5	282 660	24 220
»	134	134	13	»	»	13	19,1	118 590	25 530
»	34	34	16	1	»	»	8,5	182 160	7 775
»	170	170	»	»	3	162	15,5	110 429	
»	29	29	14	»	1	4	5,8	149 781	15 405
»	66	66	»	»	»	»	6,6	118 926	12 240
»	278	278	»	»	1	815	8,9	272 018	30 752
»	2	26	»	»	1	20	3,7	345 349	33 996
»	118	118	»	»	»	»	9,0	199 734	41 707
»	58	58	»	»	»	78	7,3	154 938	26 809
»	106	106	»	»	»	26	10.6	199 965	9 032
»	35	35	»	»	»	38	7,0	161 638	9 527
»	44	44	»	»	»	»	6,3	942 26	6 145
388	»	388	»	»	»	»	10,0	202 830	19 919
»	71	71	»	»	»	»	8,0	105 263	4 734
»	197	197	»	»	»	»	9,0	151 078	24 690

et les rapports du Gouvernement et des Compagnies.

NUMÉROS D'ORDRE.	NOMS des ÉTATS ET DES CHEMINS.	PARCOURS.	LONGUEUR des chemins exploités à une voie.	LONGUEUR des chemins exploités à deux voies.
			kil.	kil.
	Prusse. (SUITE.)			
21.	Chemin de l'Est.	Kreuz à Konigsberg, par Bromberg et Dirschau.	388	»
	Et embranchement	de Dirschau à Dantzig.		
22.	Prince Guillaume.	Vohwinkel à Steele.	32	»
23.	Rhénan.	Cologne à Herbesthal (frontière de Prusse), par Aix-la-Chapelle. .	20	65
24.	Saarbruck (de).	de la Frontière française, près Forbach, à Neunkirchen (frontière bavaroise), par Saarbruck.	43	»
25.	Thuringe (de la).	Halle à Gerstungen, par Weissenfels, Weimar, Erfurt, Gotha, Ecsenach.	90	99
26.	Westphalie (de l'État de).	Hamm à Warburg, par Sœst et Paderborn.	76	»
27.	Guillaume (Haute Silésie).	Kosel à Oderberg, par Ratibor. .	53	»
28.	Chemin de Ceinture à Berlin. . . .	. . . . .	10	»
	Autriche.			
29.	Chemin de l'État du Sud.	Murzzuschlag à Laibach, par Gratz.	315	»
30.	Chemin de l'État du Nord.	Olmutz à Bodenbach (frontière de Saxe), par Prague.	470	»
	Et embranchement	Trubau à Brunn.		
31.	Chemin de l'État du Sud-Est. . . .	Marchegg à Szolnok, par Presbourg, Gran, Waitzen et Pest.	332	»
32.	Chemin de l'État de l'Est.	Myslowitz, Szczakowa, Cracovie.	70	»
33.	Chemin de l'Empereur Ferdinand Nord.	Vienne à Oderberg.	330	83
	Et embranchements	Lundenburg à Brunn. Prerau à Olmutz. Florisdorf à Stockerau. Gänserndorf à Marchegg. Oderberg à Annaberg.		
34.	Vienne à Gloggnitz.	par Modling et Neustadt.	36	48
	Et embranchements	de Modling à Laxenburg, et de Neustadt à Kazelsdorf.		
35.	Vienne à Bruck-sur-Leith.	. . . . .	41	»
36.	Linz-Budweis-Gmunden.	Budweis à Gmunden, par Urfuhr et Zinz.	199	»
37.	Prague-Lahna.	. . . . .	48	»

LONGUEUR des chemins exploités.			LONGUEUR des voies accessoires p^r 100 kilomètres de chemin.	DESCRIPTION SOMMAIRE.				PRIX TOTAL de premier établissement par kilomètre.	RECETTE brute de l'exploitation par kilomètre, matériel compris.
par les gouvernements.	par les compagnies.	en totalité.		SOUTERRAINS. Nombre total.	VIADUCS. Nombre total.	PONTS. Nombre total.	STATIONS. Distance moyenne.		
kil.	kil.	kil.					kil.	fr.	fr.
388	»	388	»	»	»	494	11,4	»	3 819
»	32	32	»	»	4	20	3,6	231 965	12 624
»	85	85	20	5	4	78	7,0	416 849	36 511
43	»	43	»	»	»	»	8,6	»	»
»	189	189	»	2	6	429	11,1	278 418	19 437
76	»	76	»	»	»	139	6,3	»	7 975
»	53	53	»	»	»	62	6,0	101 712	15 100
10	»	10	»	»	»	»	»	»	»
315	»	315	»	»	»	»	7,9	278 830	26 520
470	»	470	»	»	»	»	9,2	238 800	23 120
332	»	332	»	»	»	»	10,7	179 890	26 830
70	»	70	»	»	»	»	11,7	110 600	7 139
»	413	413	»	1	9	708	10,3	224 336	42 069
»	84	84	»	»	»	»	3,3	307 330	46 930
»	41	41	»	»	»	»	4,1		
»	199	199	»	»	»	»	12,4	»	»
»	48	48	»	»	»	»	12,0	»	»

NUMÉROS D'ORDRE.	NOMS des ÉTATS ET DES CHEMINS.	PARCOURS.	LONGUEUR des chemins exploités à une voie.	LONGUEUR des chemins exploités à deux voies.
			kil.	kil.
	États secondaires.			
38.	Bade (chemin de l'État de).	Mannheim à Haltingen, près Bâle, en Suisse, par Heidelberg, Carlsruhe, Fribourg.	80	204
	Et embranchements	d'Oos à Baden-Baden, et d'Appenweier à Kehl, vis-à-vis Strasbourg.		
39.	Bavière (chemin de l'État de). . . .	de Hof à Kempten, par Lichtenfels, Bamberg, Nuremberg, Pleinfeld, Augsbourg.	472	8
	Et embranchement	d'Augsbourg à Munich.		
40.	Nuremberg à Furth.	. . . . .	7	»
41.	Louis du Palatinat.	de Ludwigshafen, sur le Rhin, vis-à-vis Manheim, à Bexbach (frontière prussienne), vers Saarbruck, par Kaiserslautern.	115	»
	Et embranchement	de Schifferstadt sur Speyer. . . .		
42.	Brunswick (ch. de l'État du duché de)	Brunswick à Harzbourg.	87	12
	Et embranchement	de Wolfenbuttel à Oschersleben, dans la direction de Magdebourg.		
43	Hanovre (réseau du royaume de). .	Chemins rayonnant de Hanôvre : à Minden, à Brême, à Harbourg, vis-à-vis Hambourg, à Brunswick, à Hildesheim, et à Alfeld dans la direction de Cassel. .	298	106
44.	Mein-Necker.	Francfort-sur-le-Mein à Heidelberg par Darmstadt et Friedrichsfeld. . . , ...	89	»
	Et embranchement	de Francfort sur Offenbach. . . .		
45.	Francfort-Hanau.	Francfort-sur-le-Mein. Hanau. . .	16	»
46.	Taunus (du).	Wiesbaden à Francfort-sur-le-Mein, par Mayence et Hochst.	43	»
	Et embranchement	de Biebrich.		
47.	Hochst-Soden (embr. du Taunus). .	. . . . .	6	»
48.	Mein-Weser.	Francfort près Guntershausen et Cassel.	186	14

1. Non compris 19 kilomètres de Brunswick à Lehrte (frontière du Hanovre), comptés ci-après
2. Compris 57 kilom. construits par les États limitrophes, ce qui réduit les chemins établis par l'État
3. Exploité temporairement par l'État.

LONGUEUR des chemins exploités.			LONGUEUR des voies accessoires pr 100 kilomètres de chemin.	DESCRIPTION SOMMAIRE.				PRIX TOTAL de premier établissement par kilomètre	RECETTE brute de l'exploitation par kilomètre, matériel compris.
par les gouvernements.	par les compagnies.	en totalité.		SOUTERRAINS. Nombre total.	VIADUCS. Nombre total.	PONTS. Nombre total.	STATIONS. Distance moyenne.		
kil.	kil.	kil.					kil.	fr.	fr.
284	»	284	8	3	48	106	5,6	241 470	18 450
480	»	480	»	2	10	61	6,7	190 537	11 307
»	7	7	»	»	»	»	7,0	»	»
»	115	115	25	12	7	308	6,8	212 390	13 750
99	»	99[1]	19	»	»	210	7,0	117 293	23 448
404	»	404[2]	18[2]	»	»	150	7,9	167 728	18 810
89	»	89	»	»	»	»	5,6	259 637	15 414
»	16	16	»	»	»	»	4,0	199 397	12 829
»	43	43	13	»	»	29	6,1	175 710	24 930
»	6	6	»	»	»	»	6,0	»	»
200	»	200	»	»	88	70	8,7	288 770	11 795

dans le réseau hanovrien.
de Hanovre à 347 kilom. — La proportion des voies de garage se rapporte à cette dernière longueur.

NUMÉROS D'ORDRE.	NOMS des ÉTATS ET DES CHEMINS.	PARCOURS.	LONGUEUR des chemins exploités à une voie.	LONGUEUR des chemins exploités à deux voies.
			kil.	kil.
	États secondaires. (SUITE.)			
49.	Frédéric-Guillaume du Nord. . . . Et embranchement	Gerstungen à Warburg, par Cassel et Humme. . . . . de Humme à Carlshafen.	128	14
50.	Altona Kiel.	par Elmshorn et Neumunster. . .	106	»
51.	Gluckstadt-Elmshorn.	. . . . .	17	»
52.	Rendsbourg-Neumunster.	. . . . .	33	»
53.	Lubeck-Buchen.	. . . . .	47	»
54.	Mecklembourg (du). . . . . Et embranchement	Hagenow à Rostock, par Kleinen et Butzow. . . . . de Kleinen à Wismar, et de Butzow à Gustrow.	145	»
55.	Saxe. Leipzig-Dresde.	par Riesa.	115	»
56.	Saxe. Chemin de l'État, Saxe-Bavière.	Leipzig à Hof, par Werdau. . . .	54	126
57.	Saxe. Id. Saxe-Bohême.	Dresde à Bodenbach.	41	25
58.	Saxe. Id. Saxe-Silésie. .	Dresde à Gorlitz, par Bautzen et Lobau.	91	14
59.	Saxe. Chemnitz-Riesa.	. . . . .	44	22
60.	Saxe. Lobau-Zittau.	. . . . .	34	»
61.	Wurtemberg (chem. de l'État du royaume de).	Heilbronn à Friedrichshafen, par Stuttgard et Ulm.	244	4
62.	Bernbourg-Cothen.	. . . . .	20	»
		Totaux. . .	7081	1409

1. Exploité temporairement par l'État.

LONGUEUR des chemins exploités.			LONGUEUR des voies accessoires pr 100 kilomètres de chemin.	DESCRIPTION SOMMAIRE.				PRIX TOTAL de premier établissement par kilomètre.	RECETTE brute de l'exploitation par kilomètre, matériel compris.
par les gouvernements	par les compagnies.	en totalité.		SOUTERRAINS. Nombre total.	VIADUCS. Nombre total.	PONTS. Nombre total.	STATIONS. Distance moyenne.		
kil.	kil.	kil.					kil.	fr.	fr.
»	142	142	»	4	50	353	7,1	270 633	8 967
»	106	106	»	»	2	43	7.6	120 861	12 651
»	17	17	»	»	»	8	17,0	100 870	3 608
»	33	33	»	»	»	9	11,0	45 523	5 395
»	47	47	»	»	»	»	7,8	168 547	9 269
»	145	145	»	15	8	189	14,5	163 161	7 031
»	115	115	11	»	»	»	4,4	225 806	34 209
180	»	180	»	»	10	100	9,5	287 913	25 364
66	»	66	»	2	7	164	4,1	297 067	15 203
105	»	105	»	»	16	161	7,0	227 331	18 949
66	»	66	»	1	12	89	4,4	373 903	10 625
34[2]	»	34	»	»	»	»	5,7	273 878	6 667
248	»	248	14	»	»	»	5,3	217 074	13 388
»	20	20	»	»	»	»	10,0	»	»
4494	3 996	8 490				*Moyennes. . . .*	8,1	212 438	19 927

CHEMINS BELGES[1].

NOMS DES LIGNES.	CHEMINS DE L'ÉTAT.			CHEMINS DES COMPAGNIES.			PRIX TOTAL de premier établissement par kilomètre A.
	exploités.	non exploités.	Total.	Exploités.	Non exploités.	Total.	
Ligne du Nord.							
De Bruxelles à Malines et Anvers et branche de raccordement entre les stations du Nord et du Sud à Bruxelles.	53	»	53	»	»	»	268 200
D'Anvers à Rotterdam (partie sur le territoire belge)	»	»	»	30	»	30	
Entre la ligne du Nord et celle de l'Ouest.							
De Malines à Schelle.	»	»	»	»	20	20	
Chemin du pays de Waes, d'Anvers à Gand.	»	»	»	50	»	50	
De Lokeren à Termonde.	»	15	15*	»	»	»	
Ligne de l'Ouest.							
De Malines à Termonde, Gand, Bruges et Ostende.	123	»	123	»	»	»	155 310
Entre la ligne de l'Ouest et celle du Sud-Ouest.							
Chemin de la Flandre occidentale, de Bruges à Courtray, Ypres et Poperinghe.	»	»	»	100	»	100	
Embranchement d'Ingelmunster à Deynze par Thielt.	»	»	»	30	»	30	
Chemin de Gand vers Lille et Tournay par Courtray.	78	»	78	»	»	»	146 570
De Wetteren à Alost.	»	15	15*	»	»	»	
De Termonde à Ath.	14[2]	41	55*	»	»	»	
De Tournay à Jurbise.	48	»	48*	»	»	»	
De Denderleuw à Bruxelles.	»	25	25*	»	»	»	
Ligne du Sud-Ouest.							
De Bruxelles à Tubise, Mons, Quiévrain. . .	81	»	81	»	»	»	268 400
Entre la ligne du Sud-Ouest et celle du Sud-Est.							
De Mons à Hautmont près Maubeuge (partie sur le territoire belge).	»	»	»	»	15	15	
De Mons à Manage..	»	»	»	25	»	25	
Embranchement sur l'Olive.	»	»	»	5	»	5	
De Manage à Erquelines.	»	»	»	»	25	25	

1. Fin 1854.
2. Termonde à Alost.
3. De Bruxelles à Hulpe.

Le signe (*) indique les lignes exploitées par l'État mais construites pour son compte par des Compagnies qui entrent en partage dans les recettes.

A. Non compris le matériel roulant, les accessoires de la voie, le mobilier des gares et stations et les frais généraux.

Nous ne donnons que le prix d'établissement des chemins construits par l'État ; il nous a été impossible d'obtenir ces renseignements pour ceux exécutés par les Compagnies.

(Suite).

NOMS DES LIGNES.	CHEMINS DE L'ÉTAT exploités.	CHEMINS DE L'ÉTAT non exploités.	CHEMINS DE L'ÉTAT Total.	CHEMINS DES COMPAGNIES exploités.	CHEMINS DES COMPAGNIES non exploités.	CHEMINS DES COMPAGNIES Total.	PRIX TOTAL de premier établissement par kilomètre A.
Entre la ligne du Sud-Ouest et celle du Sud-Est.							
De Braine-le-Comte à Charleroy et Namur.	79	»	79	»	»	»	226 200
De Manage à Court St-Etienne.	»	»	»	15[1]	20	35	
De Louvain à Charleroy	»	»	»	»	65	65	
De Charleroy à Erquelines (Cie du Nord de France).	»	»	»	30	»	30	
Chemins d'entre Sambre et Meuse. De Charleroy à Vireux.	»	»	»	55	»	55	
Embranchement de Berzée à Laneffe.	»	»	»	7	»	7	
De Walcourt à Morialmé.	»	»	»	12	»	12	
D'Yve à Florence.	»	»	»	10	»	10	
De Philippeville (embranchement).	»	»	»	5	»	5	
De Couvin (embranchement).	»	»	»	5	»	5	
De Châtelineau à Morialmé.	»	»	»	»	17	17	
Ligne du Sud-Est.							
Chemin du Luxembourg, de Bruxelles à Luxembourg par Namur (partie sur le territoire belge) Cie anglaise du Great Luxembourg.	»	»	»	15[2]	178	193	
Entre la ligne du Sud-Est et celle de l'Est.							
De Namur à Liége (Cie du Nord de France).	»	»	»	73	»	73	
De Pepinster à Spa.	»	»	»	13	»	13	
Ligne de l'Est.							
De Malines à Louvain, Tirlemont, Liége et la frontière de Prusse.	135	»	135	»	»	»	361 930
Entre la ligne de l'Est et celle du Nord.							
Chemin du Limbourg: De Landen à Saint-Trond et Hasselt.	11	»	11	»	»	»	121 630
Chemin du Limbourg: De Saint-Trond à Hasselt.	17	»	17*	»	»	»	
De Contich à Turnhout par Lierre et Herenthal	»	45	45*	»	»	»	
Totaux.	639	141	780	480	340	820	

1600 kilom. approximativement.

1. De Manage à Nivelle.
2. De Bruxelles à la Hulpe.
A. Non compris le matériel roulant, les accessoires de la voie, le mobilier des gares et stations et les frais généraux.

NUMÉROS D'ORDRE.	NOMS DES ÉTATS.	NOMBRE des LIGNES.	LONGUEUR des CHEMINS EXPLOITÉS	PRIX TOTAL de premier établissement par kilomètre.
			kilom.	fr.
1.	Maine	11	678	100 805
2.	New-Hampshire	16	820	106 510
3.	Vermont	7	656	114 140
4.	Massachusetts	43	2053	146 250
5.	Rhode-Island	1	80	176 445
6.	Connecticut	15	1071	105 161
7.	New-York	31	3779	134 837
8.	New-Jersey	11	699	98 397
9.	Pennsylvania	64	2343	134 815
10.	Delaware	2	26	124 615
11.	Maryland	5	956	147 003
12.	Virginia	21	1077	63 777
13.	North-Carolina	4	575	65 241
14.	South-Carolina	9	1058	67 816
15.	Georgia	15	1415	65 200
16.	Alabama	6	354	55 464
17.	Mississippi	4	248	66 847
18.	Louisiana	8	273	32 598
19.	Texas	1	»	»
20.	Tennessee	9	601	70 083
21.	Kentucki	9	373	71 951
22.	Ohio	46	4175	65 673
23.	Indiana	19	1803	67 088
24.	Illinois	26	2020	79 077
25.	Michigan	3	912	98 638
26.	Wisconsin	4	285	72 000
27.	Iowa	2	»	»
28.	Florida	2	87	15 574
29.	Missouri	6	96	56 250
	Totaux et moyenne	398	28513	96 520

Si l'on prend la moyenne des prix de construction dans différents pays, on remarque qu'elle est fort différente.

En Angleterre, la moyenne était, d'après une enquête faite

1. Exercice 1853. D'après le *Boston American Railway Journal*.

par le parlement à la fin de 1850, de 570 000 fr. par kilomètre ; la longueur exploitée n'étant alors que de 10 656 kilomètres. En 1854, la longueur exploitée étant de 11 425 kilomètres, la moyenne[1] était descendue à 530 000 fr.[2]. Et si l'on ne dépasse pas les devis, ce qui est peu probable, elle se réduira à 450 000 fr. quand tous les chemins projetés seront établis (voy. page 244).

En France, à la fin de 1853, la longueur exploitée étant de 4 000 kilomètres, la moyenne des frais de construction était de 390 000 fr.

En Belgique, d'après les comptes rendus de l'administration belge, à la fin de 1852, pour une longueur de chemins égale à 625 kilomètres, la moyenne de la dépense des chemins construits par l'État était de 270 000 fr. Outre ces 625 kilomètres, 279 l'avaient été par des Compagnies.

A la fin de 1852, la longueur des chemins construits en Allemagne, y compris les États Lombardo-Vénitiens, était, d'après le tableau de M. Hauchecorne, de 8275 kilomètres, dont 6651 kilomètres à une voie, et 1624 kilomètres à deux voies, et la moyenne de la dépense faite par kilomètre, de 201 000 fr.

Aux États-Unis, en 1853, d'après le *Boston American Railway Times*, la longueur des chemins exploités étant de 28 513 kilomètres, et ces chemins étant tous à une seule voie, la dépense moyenne par kilomètre n'était que de 96 500 fr.

On s'explique aisément les énormes différences des prix de construction dans différents pays et dans un même pays, en les décomposant dans leurs éléments. En voici le détail :

1. D'après le journal d'*Herapath*.

2. Cette longueur n'est pas la même que celle indiquée dans nos tableaux d'après les documents officiels, puisque cette dernière est de 12 362 kil. Cette différence tient à ce que le journal d'*Herapath* ne fait mention que des chemins dont les actions sont cotées à la Bourse de Londres.

CLASSIFICATION DES DÉPENSES[1].

CHAPITRE I. FRAIS GÉNÉRAUX. (On comprendra dans les frais d'études les dépenses effectuées par l'État antérieurement à la loi qui autorise la construction ou la concession.) En Angleterre, les frais généraux comprennent aussi les dépenses faites pour obtenir du parlement l'acte de concession.	1. Frais d'études.	Frais d'études pour la rédaction des avant-projets avant l'obtention de la concession ; remboursements de frais d'études à divers, indemnités payées aux titulaires de la concession.
	2. Frais et charge de la concession	Frais d'administration avant la concession portés au compte de premier établissement.
	3. Administration. . . .	Dépenses de l'administration générale de la Compagnie afférentes à la construction, jetons de présence et indemnités aux administrateurs, conseils techniques et judiciaires de la Compagnie, personnel de l'administration centrale, frais de bureau et imprimés, publicité, agence à l'étranger, frais de voyages, loyers et indemnités de logement, gratifications, chauffage et éclairage, contributions, assurances, etc.
	4. Direction et conduite des travaux. . .	Appointements de l'ingénieur en chef, des ingénieurs ordinaires, des conducteurs, piqueurs, surveillants de travaux, employés de bureaux, payeurs, etc. Frais de bureaux des ingénieurs, imprimés pour la comptabilité, frais de publicité dans les départements, frais de voyage et déplacement du personnel de la construction, chauffage et éclairage, loyers des bureaux des ingénieurs et de leurs employés, indemnités diverses au personnel de la construction.
	5. Frais divers. .	Frais judiciaires (non compris ceux d'expropriation des terrains), indemnités aux employés congédiés, service médical, secours aux blessés ou aux familles des employés ou ouvriers tués, indemnités de disette, résiliation d'entreprises, habillement des agents, etc.
CHAPITRE II. TERRAINS.	6. Acquisition de terrains. . . .	Prix d'acquisition de terrains par voie amiable ou judiciaire, y compris les indemnités aux propriétaires pour valeur des bâtiments, constructions, plantations, et aux locataires ou propriétaires pour privation de jouissance, perte de récoltes, déplacement d'industrie, etc.
	7. Frais accessoires, indemnités, frais judiciaires.	Frais accessoires, indemnités pour occupation provisoire, pour dommages causés par les études de tracé, pour occupation temporaire et extraction de matériaux, frais de rédaction et

1. D'après les instructions envoyées par M. le ministre des travaux publics aux ingénieurs de l'État pour en dresser le tableau.

CHAPITRE II. TERRAINS. (*Suite*).	7. Frais accessoires, indemnités, frais judiciaires. (*Suite*).	d'impression des plans parcellaires, d'expertises, de rédaction d'actes, frais judiciaires relatifs à l'expropriation.
CHAPITRE III. TERRASSEMENTS. (Ce chapitre comprend tous les travaux exécutés en dehors du chemin de fer et mis à sa charge.)	8. Terrassements y compris les travaux de consolidation	Terrassements, frais de toute nature relatifs à l'exécution des terrassements (non compris les frais de direction et de conduite des travaux et l'acquisition des terrains), travaux en rivière pour consolidation des remblais, murs de soutènement, revêtements en maçonnerie, perrés, gazonnement, semis et plantations des talus, etc.
CHAPITRE IV. OUVRAGES D'ART.	9. Ouvrages d'art courants. . .	Aqueducs et siphons pour l'écoulement des eaux, ponts en dessus et en dessous pour passages de routes et chemins, passerelles, ponts sur ruisseaux et rivières non navigables, ponts sur canaux artificiels, ponts tournants, ouvrage divers en maçonnerie, en métal ou en bois, etc.
	10. Ponts sur rivières navigables. . .	Ponts sur rivières navigables, non compris les terrassements aux abords, y compris les arches supplémentaires, ou viaducs pour l'écoulement des crues.
	11. Viaducs. . .	Viaducs pour la traversée des vallées sèches ou arrosées par des ruisseaux ou rivières non navigables, non compris les terrassements aux abords.
	12. Souterrains..	Percement des puits, excavations des galeries et revêtements en maçonnerie, non compris l'exécution des tranchées aux abords.
	13. Clôtures sèches et vives.	Clôtures proprement dites, murs de clôture, palissades, fossés, treillages et lisses, haies vives.
CHAPITRE V. CLOTURES DU CHEMIN.	14. Maisons de gardes et de cantonniers.	Maisons de gardes des passages à niveau, y compris celles qui sont élevées sur divers points pour le logement des garde-lignes, cantonniers, pontonniers et autres agents préposés à la surveillance et à l'entretien de la voie, puits et accessoires divers de l'habitation. Guérites de garde-lignes et de cantonniers, etc.
	15. Passages à niveau. . .	Pavages et barrières.
CHAPITRE VI. BATIMENTS.	16. Gares et stations. . . .	Bâtiments isolés pour l'administration, les bureaux et le logement des employés, bâtiments et halles couvertes pour le service des voyageurs et de la grande vitesse; buffets, écuries et remises pour les correspondances, halles et quais couverts et découverts pour les marchandises, estacades

CHAPITRE VI. BATIMENTS. (Suite.)	16. Gares et stations. (*Suite*).	pour le déchargement des houilles, bâtiments pour les bureaux du service des marchandises, maisons et guérites des portiers et des surveillants, lieux d'aisance, écuries pour le camionage.
		Pavages des cours et des rues d'accès, travaux de construction pour les grues et appareils divers, etc.
	17 Ateliers et remises du matériel. .	Bâtiments pour logement et bureaux du service du matériel (ateliers et dépôts), magasins des approvisionnements, ateliers divers, lieux d'aisance, dépôts et remises de machines, quais à coke, fosses à piquer le feu.
		Remises de voitures et de wagons.
		Bâtiments des machines à vapeur des ateliers, fours à réverbère, fourneaux de chaudières, et divers, usines à gaz (bâtiments, travaux de maçonnerie, fourneaux, cornues et gazomètres).
		Bâtiments des ateliers du petit entretien du matériel.
CHAPITRE VII. MOBILIER.	18. Mobilier des gares et stations. . . -	Meubles des salles d'attente, mobilier des bureaux de l'administration et des gares et stations, appareils d'éclairage, compteurs, becs de gaz, lampes, appliques, lanternes et signaux à la main, calorifères et poëles, chaufferettes pour les voitures, balances et bascules, grues et appareils divers à élever les fardeaux.
		Pompes à incendie, outils et ustensils des gares et stations, horloges des stations, omnibus, voitures de factage, camions appartenant à la Compagnie, etc.
	19. Outillage des ateliers et dépôts. . .	Machines-outils, machines à vapeur, marteaux, pilons et martinets, machines à vapeur et chaudières (non compris les fondations et fourneaux) grues et engins divers non compris les fondations, chariots roulants des ateliers, des dépôts et des remises, outils et ustensiles des ateliers et des dépôts, paniers et sacs à coke, agrès et outillage des machines et des wagons de secours, ustensiles des graisseurs, signaux des machines, mobilier des bureaux, appareils de chauffage et d'éclairage, pompes à incendie du service du matériel et du magasin, horloges et montres des mécaniciens, etc.

CHAPITRE VIII. VOIE DE FER.	20. Ballast. . . .	Sables et pierres cassées, briques et briquetons, scories de forges, etc., y compris l'extraction ou la fabrication et le répandage.
	21. Rails, coussinets, chevillettes, etc.	Coussinets, chevillettes, coins, éclisses, selles, plaques de joints, entre-toises en fer, traverses, longuerines, plateaux en bois ou en fonte, dés en pierres, achats et transports des matériaux divers sur les chantiers.
	22. Pose de la voie.	Transport des chantiers de dépôts au lieu d'emploi, mise en place, assemblage, perçage et rivure des rails, dressage de la voie et régalage du ballast, entretien jusqu'au moment de la mise en service.
CHAPITRE IX. ACCESSOIRES DE LA VOIE.	23. Plaques tournantes. . .	Achat, fondation et pose.
	24. Changements et croisements de voie. . . .	Achat ou construction et pose, y compris les leviers ou excentriques de manœuvre.
	25. Signaux fixes.	Appareils divers pour signaux, disques à distance des stations, signaux des souterrains, des ponts tournants et des passages à niveau, y compris les lanternes et la pose.
		Poteaux kilométriques, poteaux indicateurs, etc.
	26. Outillage de la voie. . .	Outils des cantonniers et des gardes, brouettes, lorries, etc.
		Appareils d'éclairage des passages à niveau, signaux à la main, appareils de chauffage des maisons de gardes, appareils d'éclairage et de chauffage et mobilier des bureaux.
CHAPITRE X. ALIMENTATION DES MACHINES.	27. Machines à vapeur et pompes à bras. . .	Machines à vapeur, machines, chaudières, fourneaux, fondation et bâtiments, pompes, réservoirs d'air, tuyaux d'aspiration et de refoulement, pompes à bras fixes ou portatives.
	28. Grues hydrauliques. . . .	Grues à colonne, grues appliques, y compris fondation et pose, grues-réservoirs, non compris les conduites souterraines.
	29. Réservoirs, tuyaux, puits et prises d'eau.	Réservoirs en tôle, en fonte, en bois, etc., y compris les supports en maçonnerie ou en charpente, bassins en maçonnerie, puits et prises d'eau en rivière, conduites.
		Valves et robinets de distribution, achat et pose.
CHAPITRE XI.	30. Télégraphe électrique.	Poteaux, cloches, supports, tendeurs fils, manipulateurs, récepteurs, sonneries, piles, etc., achat et pose.

CHAPITRE XII.	31. Machines locomot. et tenders.	Machines locomotives, tenders.
	32. Voitures et vagons. .	Voitures de voyageurs, wagons de service, wagons à marchandises.
CHAPITRE XIII.	33. Dépenses non classées. . .	Dépenses non classées.
CHAPITRE XIV.	34. Intérêts payés pendant la construction.	Intérêts des actions et des obligations payés sur le capital, intérêts pour versements anticipés. — Déduction faite des intérêts reçus pour placements de fonds).
CHAPITRE XV.	35. Approvisionnements et fonds de roulement. . .	Approvisionnements et fonds de roulement.

Nous voudrions pouvoir indiquer le chiffre de la dépense correspondante à ces différents titres pour les principales lignes en exploitation; mais il serait bien difficile de trouver dans la comptabilité des compagnies, les renseignements nécessaires pour l'établir; il est impossible d'ailleurs d'obtenir de ces compagnies l'autorisation de se livrer à de pareilles investigations.

Nous sommes donc forcés de nous borner à présenter l'aperçu des frais de construction tels qu'ils ont été classés dans les comptes rendus publiés ou qui nous ont été communiqués officieusement.

L'étude attentive des détails des prix de revient, tout incomplets qu'ils sont, n'en sera pas moins très-utile; nous en tirerons des conséquences qui ne seront pas sans intérêt pour les ingénieurs, chargés de rédiger les devis de nouvelles lignes.

DÉPENSE TOTALE.	OBSERVATIONS.
83,051	1. Les frais généraux comprennent les frais pour l'obtention de l'acte du Parlement.
81,920	2. Pas de dépense de matériel. Ce chemin a été donné à bail à la Compagnie du Great-Western qui en fait l'exploitation ; il est aussi construit dans la grande largeur de 2m,13.
27,048	3 et 4. Ces chemins n'ont qu'une voie.
08,612	
37,817	Nota. Les comptes rendus des compagnies anglaises ne fournissent généralement que des renseignements incomplets, ce qui nous a empêché de donner de plus grands détails sur la dépense.
78,359	Plusieurs compagnies s'étant fusionnées à partir de 1845, il nous eût été également impossible de publier des chiffres plus récents.
38,514	
51,303	
93,141	
98,270	

OUVRA	PONTS sur rivières navigables. — 10 —	ÉLECTRIQUE (poteaux et fils des appareils) 30	XII. MATÉRIEL ROULANT [4]. MACHINES locomotives et tenders. — 31 —	VOITURES et wagons. — 32 —	XIII. DÉPENSES NON CLASSÉES. — 33 —	TOTAL CONSTRUCTION ET MATÉRIEL.	XIV. INTÉRÊTS PAYÉS pendant la construction. — 34 —	XV. APPROVISIONNEMENT et fonds de roulement. — 35 —	TOTAL GÉNÉRAL de la dépense. SOMME.	ÉPOQUE.
	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	
Ca	8,770	»	12,100	14,250	»	210,830	»	»	210,830	fin juin 1852
Du	225,940	»	64,990		40,500	437,300	17,540	»	454,840	fin 1852
Du	198	ID. d. 12.	149,670		»	844,190	»	28,570	872,760	fin 1851
Du	169,	»	119,200		»	1,019,750	»	61,330	1,081,080	fin 1853
Du	»	»	37,410	25,540	»	453,130	107,250	»	460,380	*id.*
Du		»	54,850		1,300	470,400	13,840	»	484,240	*id.*
		»	37,650		13,330	609,730	24,480	»	634,210	fin février 1854
Ca	66,740	100	25,830	29,520	»	339,970	103,480	»	353,330	fin 1853
De Paris	196,710	»	63,480		»	534,520	»	»	534,520	[15]
	218,270	»	49,190		»	627,680	»	»	627,680	*id.*
Du	2 3,660	»	59,860		»	558,120	»	»	558,120	*id.*
		»	51,280		»	444,440	»	»	444,440	*id.*
De Paris à Strasbourg.	27,560	310	37,470	38,490	20,200	979,410	21,500	1,000	1,022,110	fin 1853
	11,660	310	28,760	29,540	20,200	349,610	21,500	1,000	392,310	*id.*
	»	310	28,060	28,820	20,200	305,380	21,500	1,000	348,080	*id.*
	»	310	18,370	18,860	20,200	370,530	21,500	1,000	413,220	*id.*
	»	310	18,350	18,850	20,200	384,750	21,500	1,000	427,450	*id.*
Du	6,390	310	25,540	26,230	20,200	414,950	21.500	1,000	457,650	*id.*
Du		260	17,840	18,330	20,200	310,900	21,500	210	352,810	*id.*
Du	13,330	170	»	»	»	223,850	»	»	223,850	[15]
Du	2,430	»	1 ,350	15,860	»	217.240	«	»	217,240	*id.*
		»	20,490		»	310,100	»	»	310,100	fin 1851

mptés avec . Le matériel roulant du chemin de fer de Strasbourg a été réparti entre les différentes sec-
es t entière née. Les produits divers et les services annexes ne sont pas compris. — 8. Voyageurs seuls
exploitation et de la Chapelle. — 14. Non compris les produits divers. * En 1853. — 15. Époque future d'a-
ura lieu in ni dans la longueur du chemin. — 19. Pour bornes seulement.

avons rema min de Saint-Étienne à Lyon, toutefois, le chiffre total du tableau du ministère n'est que
les tableaux sée de Rouen, dépenses que nous avons jugé à propos de déduire.

NTA
ACH

NTATION ACHINES.	RÉSERVOIRS.	MATÉRIEL ROULANT. Locomotives et voitures, compris accessoires, pièces de rechange, transport de matériel anglais, main-d'œuvre, etc.	TOTAL Construction et matériel.	APPROVISIONNEMENTS de FERS ET MÉTAUX DIVERS pour le matériel des transports.	TOTAL GÉNÉRAL de la DÉPENSE.	OBSERVATIONS.
	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	
	»	»	»	»	»	
	»	»	»	»	»	
	»	»	»	»	»

ava-fort. — Les 110 francs concernent la clôture du chemin propre-

loggnitz. — Maisons de gardes luxueuses (M. Engerth).

CHAPITRE VI. BATIMENTS.

ténan. — Détail :

les stations.	23 750 fr.	
icliné et station près Aix-la-Chapelle . .	5 980	
sement de la gare dans le port franc, à		39 810 fr.
;ne.	9 490	
à coke.	590	

s Hanovre. — La station de Brême n'est pas comprise.

a station centrale de Hanovre a coûté. .	3 100 670 francs.
elle de Harbourg.	2 117 400 »
es autres.	3 796 570 »
Total.	9 014 640 fr.

e Vienne à Gloggnitz. — Comprend la station de Vienne. — M. Le-
845 : « La Compagnie possède à Vienne un établissement considéra-
ie partie, celle qui devait desservir le chemin de Vienne à Raab, est
hevée. Une grande fabrique de machines, travaillant à la fois pour
nie, le gouvernement et l'industrie particulière, y est annexée ; son
tion est entièrement séparée de celle de l'exploitation. »

CHAPITRE VIII. VOIE DE FER.

ion générale. — Les chemins allemands ont généralement été construits
ails légers pesant rarement plus de 30 kilogrammes par mètre, et fixés
averses par de simples crampons ; c'est ce qui explique la faiblesse de
pour la voie. — Le kilomètre de voie mesuré sur l'axe paraîtra pro-
lement coûteux pour certains chemins tels que Vienne à Gloggnitz,
l, Bade, Berlin à Potsdam, soit parce qu'une partie considérable est
uble voie (comme pour les chemins de Bade), soit parce que les che-
t courts (comme Vienne à Gloggnitz) et le trafic très-important, la
des voies de garage est considérable.

rhénan. — On n'a pu connaître séparément que le prix de la deuxième
é dans les comptes pour 1 519 009 francs, soit 25 678 francs pour cha-
9 kilomètres sur lesquels elle était posée en 1849, ou 17 820 francs par
si l'on répartit la dépense sur le chemin entier (85 kilomètres). —
s dépenses de la voie sont confondues dans les colonnes 8 à 13 avec les
ents et les travaux d'art.

Hanovre. — 346k,54 première voie à 30 660 fr., et 67k,19 deuxième voie à 30 580 fr. le kilomètre.

Chemins de l'empire d'Autriche. Sud-Est. — Ballast apporté de loin, très-coûteux (M. Engerth).

Chemins de l'empire d'Autriche. Est. — Rails très-faibles (M. Engerth). Ils pesaient 25 kilogr. (M. With, enquête pour la reconstruction de la voie du nord de l'empereur Ferdinand).

Vienne à Gloggnitz. — Prix excessif si ce chemin était à une seule voie comme le dit M. Hauchecorne. En 1845, M. Lechâtelier signalait pourtant une double voie de Vienne à Neustadt sur 47 kilomètres de longueur, et cela était répété dans le tableau statistique français.

Chemin Ferdinand du Nord. — Voie démolie et refaite : les rails de 17 à 18 kil. se brisaient sous le poids des nouvelles locomotives de 25 tonnes.

CHAPITRE X. ALIMENTATION DES MACHINES.

Observations générales. — Dépense portée sans doute dans la plupart des cas au chapitre des bâtiments, sans que l'on puisse cependant s'en assurer.

CHAPITRE XII. MATÉRIEL ROULANT.

Hanovre. — La dépense pour matériel roulant comprend les ustensiles (*ustensilien.*)

Autriche. Chemin du Sud. — Prix plus élevé que pour les autres chemins de l'État ; cet excès de dépenses n'est pas causé par les locomotives du Semmering, ainsi qu'on pourrait le croire, car le chemin du Sud ne commence qu'à Muerzzuschlag et ne comprend pas le chemin de fer du Semmering dont la longueur est d'après M. Engerth de 41,75 kilomètres entre Gloggnitz et Muerzzuschlag.

CHAPITRE XIV. INTÉRÊTS.

Hanovre. — Il a été déduit des intérêts pour le Hanovre pendant la construction une somme de 575 720 francs pour recettes opérées pendant la construction.

L'étude des tableaux qui précèdent conduit à se rendre exactement compte des causes de la différence qui existe dans les prix de construction des chemins de fer dans différents pays.

L'établissement des chemins anglais a été grevé d'une nature de dépense inconnue dans les autres pays, ce sont les frais pour l'obtention de la concession au Parlement. Pour plusieurs des chemins portés au tableau, ces frais paraissent assez modérés, mais pour d'autres ils ont été excessifs. D'après plusieurs ouvrages publiés en Angleterre, les frais en parlement ont été, pour le chemin de Blackwall, de 200 000 fr. par kilomètre, de Manchester à Birmingham 81 000 fr., de Brighton 75 000 fr.

Les frais généraux semblent devoir varier entre des limites fort étendues, cependant on remarque que pour nos grandes lignes ils n'ont pas été moindres de 12 000 fr. et plus élevés que 21 000 fr.

En Angleterre, les terrains ont généralement coûté plus cher qu'en France, en Belgique et en Allemagne. Ainsi, la dépense par kilomètre, pour les grandes lignes de Londres à Birmingham, Londres à Bristol, North-Middland et Londres à Brighton, a été en nombres ronds de 98 000 fr., 77 000 fr., 100 000 fr., 127 000 fr., et pour le chemin de second ordre de Manchester à Birmingham, elle a atteint le chiffre énorme de 254 000 fr.

En France, sur nos grandes lignes du Nord, de l'Est, de Paris au Havre et de Paris à Lyon, elle a été seulement de 47 000 fr., 54 000 fr., 72 000 fr. et 80 000 francs[1].

Sur les chemins de Paris à Orléans et de Corbeil, formant la partie la plus coûteuse de la grande ligne de Paris à Bordeaux elle n'a pas dépassé 69 000 fr. Sur les chemins de Saint-Germain et de Versailles (rive droite), elle a été à la vérité de 106 000 fr. et de 83 000 fr.; sur celui de Versailles (rive gauche), qui n'a pas été porté au tableau, elle a dépassé la somme de 177 000 fr.; mais ces chemins, construits aux abords de la capitale, se trou-

1. Moyenne de la dépense faite pour le chemin de Rouen et pour celui du Havre.

vent dans des conditions exceptionnelles et ne devraient être comparés qu'aux chemins anglais de Blackwall et de Greenwich, qui ont coûté beaucoup plus cher.

En Belgique, les frais d'acquisitions de terrains pour les lignes du nord et de l'ouest n'ont pas atteint 40 000 fr., et pour le réseau de l'est et du sud, 66 000 fr. Le terrain pour le raccordement du nord et du sud a coûté 177 000 fr.; mais c'est encore là un chemin exceptionnel construit, pour ainsi dire, dans les faubourgs de Bruxelles.

En Allemagne, on a obtenu les terrains à meilleur marché encore qu'en Belgique; ce n'est que sur quelques lignes que la dépense d'acquisition a atteint le chiffre de 30 à 35 000 fr. par kilomètre, sur la plupart des autres elle n'a été que de 15 000 à 16 000 fr.

Le faible chiffre de cette dépense tient à ce que les chemins allemands construits, pour la plupart à une seule voie, et desservant un trafic beaucoup moins important que les chemins anglais et français, occupent beaucoup moins de terrains, et au prix très-sensiblement moins élevé du terrain en Allemagne que dans les deux autres pays; ainsi l'hectare de terrain n'a coûté en Allemagne que de 2000 à 4000 fr., tandis qu'il est porté pour les chemins anglais de 15 à 20 000 fr., et qu'il a été payé sur le chemin d'Orléans 12 800 fr.[1], sur celui de Saint-Étienne à Lyon 20 000 fr.[2]; sur celui de Strasbourg, entre Paris et Meaux, les prix ont été assez variables, l'hectare dans Paris a coûté en nombres ronds 830 000 fr., ce qui fait 82 fr. le mètre; à la Chapelle, 91 000 fr.; à la Villette, 19 000; aux environs de Noisy-le-Sec, 14 000 fr.; aux environs de Lagny, 25 000 fr.; près de Dammard, 6000 fr.; près

1. Ce prix est un prix moyen pour toute la ligne et comprend l'indemnité payée pour les terrains dans l'intérieur de Paris ou aux environs; si l'on en distrait le prix des terrains dans Paris et aux environs, le prix de l'hectare se réduit à 10 000 fr.

2. Sur ce chemin, le premier construit en France pour un transport de voyageurs, les terrains ont été taxés par le jury à un prix exorbitant. On est loin d'avoir payé des prix aussi élevés pour les terrains des nouvelles lignes.

d'Esbly, 8000 fr.; dans la traversée de Meaux, 60 000 fr., et aux environs de la ville, 12 000 fr.

Quant aux chemins américains, qui ne figurent que dans nos tableaux d'ensemble, ils ont été établis sur des terrains dont une partie a été cédée gratuitement.

Sur les chemins anglais, les travaux d'art ainsi que ceux de terrassement et de pose de la voie étant ordinairement confiés à un seul et même entrepreneur, les comptes rendus des Compagnies n'indiquent que la dépense en bloc. Il est facile de reconnaître cependant que cette dépense, en ce qui concerne les travaux d'art et les terrassements des grandes lignes en Angleterre, est beaucoup plus élevée que sur les chemins des autres pays. Si l'on déduit de 100 à 120 000 fr. pour la chaussée, la voie et ses accessoires, on trouve que sur les chemins de North-Middland, elle n'a pas été moindre de 350 000 fr. à 400 000 fr. par kilomètre, et sur les chemins de Londres à Brighton et Londres à Bristol moindre de 400 000 fr. à 450 000 fr.

En France elle n'a été sur le chemin du Nord que de 67 000 fr., sur ceux de Strasbourg et d'Orléans que de 110 000 à 120 000 fr. et sur les chemins de Lyon, de Rouen et du Havre de 200 000 à 220 000 fr.

En Belgique la même dépense a été fort modérée, nous la trouvons de 52 000 fr. environ pour le chemin de l'Ouest, 62 000 fr. pour ceux du Nord, 88 000 fr. pour ceux du Midi et 200 000 fr. pour ceux de l'Est. En moyenne elle est de 104 000 fr.

En Allemagne elle est faible aussi et très-variable. Pour une partie des chemins prussiens elle ne dépasse pas 30 000 fr. pour le chemin de Berlin à Potsdam elle est de 62 000 fr. Les terrassements et ouvrages d'art des chemins rhénans ont seuls coûté 247 000 fr. Les lignes du Nord et du Sud en Autriche ont dépassé pour les ouvrages de même nature de 110 à 120 000 fr. Mais celles du Sud-Est et de l'Est n'ont dépensé que 62 000 et 29 000 fr. Dans le grand-duché de Bade, les ouvrages d'art et de terrassements ont coûté en moyenne 62 000 fr.

par kilomètre, dans le Wurtemberg 72 000 fr., dans le Hanovre 38 000 fr. et dans le Brunswick 18 000 fr.

Le prix élevé des terrassements et des ouvrages d'art pour les grandes lignes d'Angleterre tient au soin avec lequel ont été construites ces voies du premier ordre, à une époque où on s'exagérait l'importance des faibles pentes, au prix de la main-d'œuvre et aux difficultés d'exécution qu'elles ont présentées. Les différences de prix entre la France et l'Angleterre ne sont toutefois pas aussi grandes qu'on pourrait le supposer. « Après avoir consulté plusieurs ingénieurs français, dit M. Robert Stephenson, dans un rapport sur les chemins de fer du Nord, et avoir fait des comparaisons entre leurs devis et les miens, j'ai trouvé que les différences de prix entre les deux pays étaient excessivement minimes. On peut regarder comme identiquement les mêmes les prix de terrassement et de maçonnerie dans les deux pays et le prix du fer est beaucoup plus élevé en France qu'en Angleterre. La main-d'œuvre est certainement moins chère qu'en Angleterre, mais l'étendue des entreprises qui sont maintenant en projet ou en cours d'exécution tend à la faire monter et les frais de travaux terminés à l'époque actuelle prouvent que cette différence n'est réellement que nominale. »

En Belgique la main-d'œuvre et les matériaux de construction sont à des prix bien moins élevés qu'en France, c'est ce qui explique le coût, relativement minime, des ouvrages d'art et de terrassement. Il en est de même en Allemagne, la journée du terrassier étant payée en France de 2 à 3 fr., elle ne coûte pas en Allemagne au delà de 1 fr. à 1 fr. 50. On devra observer aussi que dans ces deux pays une partie des travaux de terrassement n'ont été exécutés que pour une seule voie et qu'en Allemagne surtout on ne s'est pas assujetti à des conditions de pentes et de courbure aussi rigoureuses qu'en France.

Aux États-Unis, les ingénieurs ayant établi les chemins de fer avec des pentes plus fortes encore que celles des chemins allemands et des rayons de courbure plus petits, les travaux d'art et de terrassement ont dû coûter moins encore qu'en Allemagne.

M. Maniel, dans son cours à l'École des ponts et chaussées, indique de la manière suivante le prix des terrassements sur différents chemins de fer :

MOYENNE DES FRAIS DE TERRASSEMENT PAR KILOMÈTRE.

Chemins belges	9000 francs.
Saint-Quentin	32 000 —
Rouen	30 000 —
Tours à Poitiers	99 000 —
Moyenne de quelques chemins anglais	130 000 —

MOYENNE DU PRIX PAR MÈTRE CUBE DE TERRASSEMENT, TRANSPORT DES TERRES COMPRIS.

Chemins belges	0f,76
Ligne de Saint-Quentin	1 ,39
— d'Orléans	1 ,50
— de Rouen	1 ,60
— de Nîmes	1 ,45
De Tours à Poitiers, les terres étant transportées à des distances atteignant 4000 mètres	2 ,05
Chemins anglais, déblais en partie dans le rocher	2 ,61

Si la dépense pour les terrassements par kilomètre sur les chemins belges a été aussi faible, cela tient au cube très-réduit de ces terrassements, à la petite distance de transport des terres, et au prix peu élevé de la main d'œuvre en Belgique. Ainsi, d'après M. Maniel, le cube des terrassements sur les chemins belges, n'aurait été, par kilomètre, que de 12m,60, tandis que sur le chemin de Creil à Saint-Quentin il a été de 23; sur celui de Rouen de 25m,50, d'Orléans, de 33, et de Versailles, rive gauche, de 72.

Les rails en fer et les coussinets en fonte revenant en Angleterre à un prix sensiblement plus faible que sur le continent et les traverses en sapin n'y coûtant pas très-cher, les frais d'établissement de la voie et de ses accessoires ont dû être plus faibles, mais la différence n'a pu compenser celle que nous avons signalée dans les dépenses pour les terrains, les ouvrages d'art et les ouvrages de terrassement.

En France, l'établissement de la voie a dû coûter plus qu'en Belgique et en Allemagne, par ces raisons, que la plupart des

chemins y sont à deux voies, que les rails y sont ordinairement plus lourds et que le trafic y nécessite une plus grande longueur de voies de garage ainsi qu'un plus grand nombre de changements de voie et de plaques tournantes.

Aux États-Unis, la voie simple a été construite avec une grande économie en associant le bois au fer, mais elle est moins durable.

Le prix des machines et des wagons, celui des machines surtout n'est pas sur les différents points du continent aussi variable que celui des terrains et des matériaux pour les travaux d'art ou pour l'établissement de la voie. C'est même en Angleterre qu'a été achetée une grande partie du matériel roulant des chemins belges et allemands. Il en résulte qu'à égalité de trafic, la dépense a été partout à peu près la même, soit de 20 000 à 30 000 fr. par kilomètre pour des lignes d'un revenu médiocre (18 000 à 20 000 fr. par kilomètre) et de 50 000 à 60 000 pour celles d'un grand revenu (40 000 à 50 000 fr. par kilomètre).

Après avoir comparé les tableaux de la dépense dans différents pays, il convient de les étudier isolément. Nous nous rattacherons plus particulièrement à l'examen des tableaux des frais de construction des chemins francais et des chemins allemands sur lesquels nous avons pu donner le plus de détails.

Un fait nous frappe tout d'abord à l'examen de ces tableaux, c'est que c'est bien moins le prix de la voie en fer qui rend parfois les chemins de fer si coûteux que celui des terrains et des travaux de toute nature.

Ainsi, pour le chemin du Gard établi sur un terrain de peu de valeur, dans un pays où la main-d'œuvre est peu coûteuse et dans d'assez bonnes conditions d'exécution, le prix total par kilomètre n'étant que de 211 000 fr., les frais d'acquisition de terrain n'ont pas atteint 19 000 fr.; tandis que pour le chemin du Havre, dont les profondes tranchées et les remblais élevés couvrent de grandes surfaces de terrain, ces mêmes frais s'élèvent à 103000 fr.; pour le chemin de Saint-Germain, qui

occupe des terrains précieux, à 106000 fr., et pour celui de Versailles, rive gauche (non porté au tableau), dont les immenses travaux ont entamé un nombre considérable de grandes propriétés, au chiffre énorme de 177 000 fr.

On ne manque pas d'observer également une notable différence entre le chiffre de la dépense pour les travaux d'un chemin construit en plaine, presque toujours au niveau du sol, comme le chemin de Metz à Thionville (53 000 fr.) et le chiffre correspondant, pour une ligne établie dans des conditions d'exécution difficiles, comme le chemin du Havre (220 000 fr., environ[1]), ou le chemin de Versailles, rive droite (313000 fr.) et ce n'est pas seulement le volume des terrassements et des maçonneries qui entraîne dans des frais de construction considérables ; sur le chemin de Strasbourg, les travaux de consolidation des talus d'une seule tranchée (celle de Gagny, ont coûté 335 632 fr. 85 c.; sur les deux chemins de Versailles, et plus particulièrement sur celui de Versailles, rive gauche, on a été forcé de dépenser des sommes importantes pour s'opposer au mouvement des terres, et pour assurer la fondation des ponts sur des terrains glaiseux.

Au Val-Fleury, sur le chemin de la rive gauche, les remblais sont assis sur un sol tellement mobile, que l'on eût été forcé peut-être de renoncer à exploiter la ligne, si on ne les eût remplacés temporairement par des estacades en charpente.

Les frais d'établissement de la voie, ordinairement moins élevés que ceux d'acquisition des terrains et des travaux d'art ou de terrassement, sont aussi moins variables. Ainsi, lorsque nous voyons dans nos tableaux, pour des chemins de première classe à deux voies, les frais d'acquisition de terrain réunis à ceux des travaux d'art et de terrassement, varier de 170 000 fr. (Orléans et Corbeil) à 323000 fr. (chemin du Havre) par kilomètre, nous trouvons que ceux d'établissement de la voie et

1. En en déduisant 117 000 fr. pour la voie et ses accessoires.

de ses accessoires n'ont différé qu'entre les limites de 80 000 fr. (Strasbourg à Wissembourg), et 136 000 (Paris à Lyon), et cette différence eût été moins grande si on eût employé sur le chemin de Wissembourg des rails du poids de 38 kilogrammes par mètre courant, au lieu de rails de 30 kilogrammes [1].

Les ingénieurs étant d'accord, pour adopter dans la construction des grandes lignes, des dimensions de rails, de traverses et des épaisseurs de chaussée à peu près semblables, la différence dans les prix de la voie ne provient généralement, quand on compare des lignes de même ordre, que de celle qui existe entre les prix des matières premières.

Cette différence, pour le fer et la fonte n'est pas très-sensible dans les diverses provinces d'un même pays, aux mêmes époques; mais elle varie considérablement avec les époques. Ainsi, les rails du chemin de Saint-Étienne, en 1828, ont coûté 50 fr. les 100 kilog. Ceux des chemins de Saint-Germain et Versailles, dix années plus tard, étaient payés 42 fr. En 1840, on achetait encore des rails pour certaines fractions du chemin du Nord, au prix de 40 fr.

En 1846, la Compagnie de l'Est a traité pour ses fournitures de rails à raison de 35 fr. les 100 kilog., rendus sur ses chantiers. En 1852, la même Compagnie ne payait plus les rails nécessaires pour le chemin de Metz à Thionville, que 25 fr., et aujourd'hui, en 1854, elle achète 24000 tonnes pour le chemin de Paris à Mulhouse, à raison de 26 fr. D'autres Compagnies, qui ont traité l'année dernière, ont payé 30 fr. Il est probable que dans l'avenir ce prix de 30 fr. ne sera pas dépassé, et que souvent on pourra traiter à des prix inférieurs. Le prix des coussinets en fonte a varié comme celui des rails. Les Compagnies de Saint-Germain et Versailles payaient, en 1838, leurs coussinets 35 fr. le quintal métrique; celle de

1. Il est vrai qu'au chemin de Versailles (rive droite) le kilomètre a coûté, sans les accessoires, 154 000 francs. Mais la superstructure de ce chemin ayant été pour ainsi dire refaite après l'ouverture, on doit le considérer comme se trouvant dans des conditions exceptionnelles.

l'Est, en 1852, payait 16 fr. (pour le chemin de Thionville) et 20 fr. en 1854, pour le chemin de Mulhouse.

Le prix des traverses en bois varie non-seulement avec les époques, mais encore avec les localités. Ainsi, les traverses que la Compagnie de l'Est payait, en 1846, pour le chemin de Metz à Sarrebruck, 75 fr. le mètre cube, n'ont été payées, en 1852, pour le chemin de Metz à Thionville, que 44 fr. le mètre cube, et, sur le même point de Metz, elles valent aujourd'hui 50 fr. Les traverses payées en 1854, à Paris, 75 fr. le mètre cube se vendent, près de Vesoul, 55 fr.

Les prix des matières composant la chaussée ne varient guère que suivant les localités ; mais les variations sont considérables. Le sable qui, sur le chemin de Saint-Germain, n'a pas coûté plus de 2 fr. le mètre cube, est revenu, sur le chemin de Lille à la frontière belge, à 10 fr.

Si donc nous supposons un chemin établi avec des matériaux revenant à des prix élevés, tels que celui de 10 fr. par mètre cube de ballast (prix payé au chemin de Lille) ;

35 fr. par quintal métrique de rails (prix payé pour la ligne de Strasbourg);

25 fr. par quintal métrique de coussinets (prix payé pour la ligne de Strasbourg);

80 fr. par mètre cube de traverses (prix payé également par la Compagnie de l'Est pour les portions de chemins dans le voisinage de Paris); et qu'on en compare la dépense avec celle d'un chemin à deux voies, qui aurait été établi à peu près dans les conditions du chemin de Metz à Thionville, on trouve sur le ballast seul, la différence étant de 8 fr. par mètre cube, et le cube étant de 6 mètres par mètre courant. . 48 000 fr.

Sur les rails, la différence étant par quintal métrique de 13 fr., et le poids par mètre courant pour les 4 files de rails étant de 152 kilogrammes 19 760

A reporter. . . . . 67 760 fr.

Report.	67 760 fr.
Sur les coussinets, la différence étant par quintal métrique de 7 fr., et le poids par mètre courant, de 40 kilogrammes.	2 800
Sur les traverses enfin, la différence étant par mètre cube de 36 fr., et le cube par mètre courant étant de 2/10 de mètre cube.	7 200
En tout.	77 760 fr.

Mais la différence sur le ballast que nous avons indiquée est exceptionnelle; en supposant le ballast au même prix sur les deux chemins, la différence pour la deuxième voie, par mètre courant, n'est plus que de 29 760 fr.

C'est à peu près le chiffre de la différence entre le prix du mètre courant de double voie (voies de garage non comprises) sur le chemin de Strasbourg et sur celui de Metz à Thionville.

La dépense pour le matériel dépend essentiellement de l'importance du trafic. Nous avons déjà fait remarquer qu'elle varie de 20 000 fr. à 60 000 fr., selon le trafic.

Toutefois, pour des chemins établis aux environs d'une capitale, tels que les chemins de Saint-Germain et de Versailles, qui exigent un matériel exceptionnel pour les jours de fêtes, cette dépense s'élève jusqu'à 120 000 fr. (Saint-Germain), et même 150 000 fr. par kilomètre (Versailles, rive droite).

A égalité de trafic, les frais de matériel à différentes époques ont peu varié. Le prix de revient des machines n'a pas subi de réduction comme celui des rails. Cependant il ne faudrait pas croire que ce prix est à peu près invariable. Les machines que la Compagnie de l'Est payait en 1846 de 45 à 48 000 fr. en coûtent aujourd'hui de 50 à 55 000 fr. Les machines Crampton, payées 52000 fr. au commencement de 1852, se vendent aujourd'hui 66 000 fr.

De ce qui précède il résulte que si l'on divise, comme l'a fait

la loi du 11 juin 1842, la dépense d'établissement des chemins de fer en deux parties :

L'une comprenant les dépenses pour les terrassements, les ouvrages d'art et les stations;

L'autre la dépense pour la superstructure et le matériel de l'exploitation,

On reconnaît que la première partie mise, par la loi de 1842, à la charge du gouvernement, est non-seulement plus élevée, mais encore plus variable que la seconde.

Le capital d'établissement des chemins de fer augmente avec le trafic, car il ne serait pas juste de prélever sur les produits de l'exploitation les sommes nécessaires à un accroissement de trafic qui n'avait pas été prévu lors de la rédaction des devis. Le tableau page 276 et 277, qui fournit l'indication des dépenses faites au chemin d'Orléans lors de son ouverture, et celui des dépenses faites depuis lors, montre assez sur quels chapitres les augmentations de capital ont lieu et dans quelle proportion avec le trafic. Ainsi l'on voit que la dépense pour travaux d'art et de terrassements reste à peu près invariable, tandis que celle pour acquisitions de terrains, pour la voie et ses accessoires, pour les ateliers et les bâtiments de stations et celle pour le matériel roulant ont considérablement augmenté. L'accroissement sur les dépenses des terrains, de la voie ou accessoires de la voie et des bâtiments tient surtout à l'agrandissement forcé des gares. Le surcroît des frais pour le matériel roulant est dû à l'allongement des parcours des convois.

CHEMIN DE FER DE PARIS A ORLÉANS, AVEC

Fonds social, 40 *millions*; 1er *emprunt*, 10 *millions*;

(La section de Paris à Corbeil a été ouverte à l'exploitation

COMPTE DE PREMIER ÉTABLISSEMENT

NATURE DES DÉPENSES.	PROJET PRIMITIF[1] par M. Defontaine, ingénieur en chef. 1837.	EXÉCUTION PAR M. JULLIEN, ingénieur en chef. État des dépenses faites et de celles restant à faire[1]. 29 février 1844.	État des dépenses faites, dressé à l'occasion de la fusion de la compagnie d'Orléans 30 juin 1852.
Longueur des chemins.	kil. 126,3	kil. 132,7	kil. 132,7
	fr.	fr.	fr.
Service des travaux : Personnel; frais d'études, de tracés, et dépenses diverses.	776 800	1 110 022	1 103 342
Acquisitions de terrains, indemnités et frais.	1 500 000	7 175 000[4]	8 491 630[5]
Terrassements; travaux de consolidation; ballastage.	5 234 000	10 436 087[6]	10 498 345
Ouvrages d'art.		4 530 227[6]	4 553 441
Constructions diverses. — Maison d'administration à Paris.		283 625	477 054
Constructions diverses. — Atelier de construction et de réparation du matériel, avec leur outillage (à Ivry).	3 056 000	757 209[7]	1 518 159
Constructions diverses. — Gares, stations, prises d'eau, plantations, clôtures, etc. . . .		4 753 450[8]	6 718 144
Matériel d'exploitation.	884 000	5 336 788[11]	7 707 494
Voie en fer. — Établissement des voies et de leurs accessoires.	10 549 200	13 616 260	14 892 221
Voie en fer. — Ensemble des dépenses comprises dans le projet primitif.	22 000 000	47 998 668	55 959 830
Voie en fer. — Surveillance et entretien de la voie entre Juvisy et Orléans pendant 1844 (3/5 des frais de). . . .		360 750[12]	401 311
Bâtiments; matériel et voie. — Dépenses de renouvellement.		»	1 736 757[13]
Mobiliers divers.		265 740	444 493
Intérêts des actions et des obligations, déduction faite de diverses recettes.		607 415	302 886
Administration de la Compagnie.		688 561	733 677
Totaux.		49 921 134	59 578 954

Augmentation définitive. . . .

EMBRANCHEMENT DE JUVISY A CORBEIL.

2e emprunt, 10 millions; capital total, 60 millions.

le 20 septembre 1840; et celle de Juvisy à Orléans le 4 mai 1843.)

ET DE MISE EN EXPLOITATION.

AUGMENTATION DE LA DÉPENSE de fin février 1844 à fin juin 1852. Augmentation absolue.	Rapport de l'augmentation à la dépense, fin février 1844, comptée pour 100.
»	»
Diminution[3].	
1 316 630	18,3
62 258	0,5
23 214	0,5
193 429	68,1
760 950	100,4
1 964 694	41,3
2 370 706	44,4
1 275 961[10]	9,3
40 561	11,2
1 736 757[12]	∞
178 753	67,2
Diminution[14]. 45 116	6,5
9 969 029	20,0
Diminutions à retrancher. 311 209	
9 657 820[3 14]	19,3

OBSERVATIONS.

1. Ce projet, distribué aux Chambres, différait peu de celui qui a été exécuté. L'embranchement de Corbeil était établi sur la rive droite de la Seine; le tracé était rectiligne entre Étampes et Orléans; le point d'origine, à Paris, était place Walhubert. Les inclinaisons du profil en long étaient limitées à 0m,003, et les courbes n'avaient pas moins de 1000 mètres de rayon. La voie, double partout, devait être posée sur dés, avec fondation en béton et encaissement en cailloux.

2. Dépenses { faites..... 47 519 312 fr. / à faire.... 2 401 822 } 49 921 134 fr.

3. Il est probable que la diminution de 6680 fr. dans le service des travaux n'est qu'apparente; elle peut provenir d'une modification dans le classement des dépenses.

4. Valeur de 55 845 hectares, ne comprenant point 80 hectares à revendre, évalués à 575 000 fr.

5. Non compris les propriétés et terrains à revendre, évalués à 309 713 fr

6. 205 aqueducs, ponceaux, ponts et viaducs, 11 passerelles, 101 passages à niveau. — Les travaux les plus importants sont 4 grands viaducs sur rivières, ayant de 14 à 20 mètres de hauteur et 12 arches ensemble, de 7 à 8 mètres d'ouverture chacune.

7. { Bâtiments..... 510 282 fr. / Outillage..... 246 927 } 757 209 fr.

8. { Terrassements.. 8 094 050 fr. pour 5 111 072 mètres cubes déblai, abstraction faite des remaniements
Trav. de consolidn 175 940 fr. pour 46 300 mètres cubes perrés et murs de soutènement; compte pour façon et transport des matériaux.
Ballastage ..... 2 166 097 fr. pour 568 948 mètres cubes. }
10 436 087 fr.

9. 2 481 123 fr. pour 21 gares de voyageurs, compris dépendances, accessoires et abords.
985 115 pour 11 gares de marchandises, faites ou à faire, compris cours et rues d'arrivée, avec l'extension à donner à la gare de Paris.
494 142 pour 6 dépôts de machines et 1 petit atelier de réparations à Orléans.
222 573 pour alimentation des machines; puits artésiens; prises d'eau; grues hydrauliques.
297 072 pour clôture de la ligne en treillage.
223 999 pour plantation de haies vives et ensemencement de talus.
49 426 pour mâts de signaux; puits à Toury et à Orléans; différents menus travaux.
4 753 450 fr.

10. Longueur des voies de garage { fin février 1844. 19 100 m. / fin 1853..... 44 375 }
Augmentation. 25 275 m., ou 57 p. 100.

11. La ligne et l'embranchement s'exploitant indépendamment l'un de l'autre, il a fallu acquérir autant de matériel que si la ligne avait 133 kil. + 19 kil. (tracé commun) = 152 kilomètres.

12. Prévisions portées dans le budget pour l'exercice 1844, au compte du premier établissement.

13. Les rails, primitivement de 30 kilog., ont été partiellement remplacés par des rails de 36 kilog. le mètre.

14. Le compte des intérêts payés avant 1854 a diminué de 304 529 fr. par diverses recettes réalisées de 1844 à 1852. et venues.

Voir d'autre part le tableau du TRAFIC ANNUEL.

TABLEAU DU TRAFIC ANNUEL

Montrant un accroissement beaucoup plus considérable que celui des frais de premier établissement.

Longueur du chemin de fer : 133 kilomètres.

NATURE DES TRANSPORTS et des RECETTES.	VOIES DIVERSES avant l'ouverture du chemin de fer, vers 1840 [1].			CHEMIN DE FER D'ORLÉANS ET DE CORBEIL. Exercice 1844.			Exercice 1851.			OBSERVATIONS.
	Nombre.	Poids.	Recettes brutes.	Nombre.	Poids.	Recettes brutes.	Nombre.	Poids.	Recettes brutes.	
		tonnes.	francs.		tonnes.	francs.		tonnes.	francs. [3]	
Voyageurs.	790 000	»	2 136 000	1 373 073	»	4 385 366 [2]	1 063 145	»	4 299 228	1. Document résultant de deux enquêtes contradictoires, ordonnées à des époques différentes par le Conseil d'administration de la Compagnie, et faites avec le plus grand soin.
Bagages excédants. . .	»	»	»	»	6 952	375 288	»	7 261	485 079	
Chiens.	»	»	»	11 823	»	9 892	10 500	»	12 394	
Marchandises à gr. vitesse.	»	200 000	2 624 000	»	4 385	122 362	»	22 924	594 637	
Marchandises à pet. vitesse.	»			»	127 204	1 429 835	»	338 685	3 617 610	
Malles-postes.	»	»	»	»	»	»	2 190	»	300 000	
Voitures de poste. . . .	»	»	»	2 312	»	120 852	1 176	»	75 596	2. Les bateaux à vapeur de Paris à Montereau transportent en outre 120 000 voyageurs.
Chevaux.	»	»	»	1 070	»	13 245	2 117	»	43 483	
Bestiaux.	»	»	58 000	24 198	»	93 707	367 959	»	848 098	
Entrepôt des dépêches..	»	»	»	»	»	»	»	»	20 212	3. Non compris l'impôt de un dixième payé par les voyageurs sur le prix de leurs places ; la diminution de la recette de 1844 à 1851 s'explique par l'ouverture de la première section du chemin de fer de Paris à Lyon.
Locations aux Compagnies de Bordeaux et du Centre dans la gare d'Orléans.	»	»	»	»	»	»	»	»	178 981	
Recettes diverses. . . .	»	»	»	»	»	16 140	»	»	»	
Totaux. . . .		200 000	4 818 000	»	138 541	6 566 687	»	368 870	10 475 318	
A déduire : Frais d'exploitation. . . .						2 402 840			3 191 490	
Recette nette.						4 163 847			7 283 828	
Nombre des locomotives.						52			88 au moins.	

De 1844 à 1851 { l'accroissement de la recette *brute* est de 60 pour 100.
l'accroissement de la recette *nette* est de 75 pour 100.

Des devis estimatifs des lignes à établir. — La comparaison des devis et de la dépense effective des différents chemins montre assez combien il est difficile de calculer à l'avance les frais d'établissement des chemins de fer. Le tableau suivant fournit les éléments nécessaires pour établir cette comparaison.

TABLEAU COMPARATIF

DU COUT PRÉSUMÉ ET DES DÉPENSES RÉELLES DE CONSTRUCTION DES CHEMINS DE FER

Non compris le matériel pour les chemins belges seulement.

CHEMINS.	DÉSIGNATION DES LIGNES.	Longueur en kilomètres.	DATE de l'ouverture de la ligne entière.	DÉPENSE présumée d'après les devis.	DÉPENSE réelle d'après les comptes rendus.	DATE de l'arrêté de compte.
CHEMINS BELGES.	Bruxelles à Anvers. . .	48	1836	5 000 000	8 500 000 11 500 000	1839 1852
	Malines à Ostende. . .	123	1839	8 000 000	15 000 000 19 000 000	1840 1852
	Bruxelles à Quiévrain..	84	1842	11 000 000	16 000 000 21 700 000	1842 1852
	Braine-le-Comte à Namur.	81	1843	8 000 000	15 000 000 17 800 000	1845 1852
CHEMINS FRANÇAIS.	St-Germain (le Pecq). .	18	1837	3 900 000	11 000 000 19 500 000	1837 1853
	Versailles (rive droite).	18	1839	11 000 000	16 800 000	1839
	» (rive gauche).	17	1840	10 000 000	17 200 000	1845
	Paris à Orléans et Corbeil.	133	1843	22 000 000	50 000 000 59 500 000	1844 1852
	Paris à Lyon.	507	1854	200 000 000	300 000 000	1854
CHEMINS ANGLAIS.	Londres à Birmingham.	181	1838	66 500 000	137 500 000 149 000 000	1839 1845
	Londres à Brighton . .	74	1841	28 000 000	64 000 000 66 000 000	1842 1845
	Liverpool à Manchester.	50	1830	12 500 000	20 000 000 38 000 000	1830 1845
	Manchester à Leeds. . .	82	1841	32 500 000	76 000 000 78 000 000	1842 1845
	Londres à Grenwich. .	6	1839	10 000 000	17 000 000 25 000 000	1839 1845
	» à Bristol. . . .	190	1841	62 500 000	160 000 000 168 000 000	1842 1845

Nous avons vu qu'il serait utile de donner le chiffre réel de la dépense, non-seulement à une époque récente, lorsque l'accroissement imprévu du trafic nécessite une augmentation de capital, mais encore au moment de l'ouverture ou à une époque rapprochée quand le trafic différait moins de celui qui avait été supposé au devis.

Le chiffre de la dépense pour les chemins anglais et français a été emprunté aux comptes rendus des Compagnies, celui des chemins belges aux documents publiés par l'État.

L'estimation des dépenses pour l'établissement des railways que nous venons de nommer a été faite, à la vérité, à une époque où l'on ne possédait pas l'expérience acquise aujourd'hui de la construction des chemins de fer.

Il est probable que l'on ne commettra plus désormais les mêmes erreurs, et déjà, pour des lignes récemment construites (chemins de Paris à Strasbourg, de Nancy à Sarrebrück, de Metz à Thionville et de Bâle à Wissembourg), on s'est à peine écarté du chiffre des devis. Nous croyons toutefois utile de faire connaître quelles en ont été les causes principales, telles qu'elles se trouvent indiquées dans le résumé d'une enquête faite sur les chemins de fer de la Grande-Bretagne. En voici l'énumération :

1° Les difficultés rencontrées par les Compagnies pour obtenir l'acte de concession du Parlement, difficultés provenant surtout de la concurrence élevée de Compagnies formées dans un but unique d'opposition par les propriétaires des terrains. La dépense qu'il a fallu faire pour les lever a, pour certaines lignes, même d'une certaine longueur, atteint le chiffre de 75 000 fr. par kilomètre ;

2° Les prétentions ridicules émises par les propriétaires de terrains ; elles ont, dans certains cas, fait monter l'indemnité pour expropriation à 160 000 fr. par kilomètre ;

3° Les folles dépenses faites par certaines Compagnies pour prolonger sans nécessité les chemins de fer dans l'intérieur des villes ;

4° L'importance exagérée attachée à la réduction des pentes par certains ingénieurs qui n'ont pas établi une juste proportion entre la dépense de construction et les frais d'exploitation ;

5° La rapidité excessive avec laquelle ont été exécutés certains ouvrages auxquels on a travaillé à grands frais jour et nuit ;

6° L'incertitude qui règne toujours sur la nature et sur l'importance des grands travaux de terrassement et des grands ouvrages d'art ;

7° Les exigences du public relativement aux bâtiments et aux dépendances des stations ;

8° L'augmentation subite de la main-d'œuvre et des matières premières par suite de la concurrence ;

9° Le défaut d'expérience des ingénieurs et des administrateurs ;

10° Le désir des fondateurs de quelques Compagnies de faire valoir l'affaire et de faciliter le placement des actions en réduisant sur le devis les charges de l'entreprise ;

11° Les changements quelquefois importants apportés au projet après en avoir publié l'estimation ;

12° Enfin l'omission dans plusieurs devis des dépenses que nécessite le matériel.

Pour mieux rendre compte, du reste, des difficultés que présente l'appréciation des dépenses de construction d'un chemin de fer dans des terrains accidentés et pour aider les ingénieurs dans l'établissement de leurs devis, reportons-nous à l'analyse de cette dépense présentée plus haut.

Le chiffre des frais d'étude classés sous un premier titre est de sa nature fort incertain.

Les études se composent principalement d'opérations sur le terrain, telles que nivellements, triangulation, sondages, tracés de lignes droites ou de lignes courbes, opérations qui sont plus ou moins multipliées et qui deviennent plus ou moins longues suivant la configuration du terrain, les difficultés d'espèces différentes que peut présenter la division ou la concentration des propriétés, etc.

Les avant-projets envoyés à l'administration des ponts et chaussées pour accompagner une demande en concession doivent se composer de :

1° Un plan général à l'échelle de 1 à 10 000 ;

2° Un profil en longueur à l'échelle de 1 à 10 000 pour les longueurs et de 1 à 500 ou à 1000 pour les hauteurs ;

3° Un cahier de profils en travers de 1 à 200 pour les longueurs et les hauteurs ;

4° Un tableau du calcul des terrassements;

5° Un tableau des ouvrages d'art avec types de ces ouvrages;

6° Un détail estimatif du projet;

7° Un rapport à l'appui.

La dépense pour l'établissement de ces avant-projets est, en général,

1° Dans des circonstances	difficiles	de 200 fr.	par kilom.;
2° —	ordinaires	de 150	—
3° —	faciles	de 100	—

Les études pour la rédaction du projet définitif exigeant plus de soin que celles de l'avant-projet et comprenant, en outre des différents plans, profils, tableaux et rapports ci-dessus énoncés, les plans parcellaires à l'échelle de un millième et lithographiés à cent exemplaires, ainsi que le piquetage de la ligne, le bornage et le creusement des fossés de limites, sont naturellement plus dispendieuses[1].

Celles du chemin de Paris à Mulhouse ont coûté environ 1400 francs[2] par kilomètre. Ce chemin ayant 485 kilomètres de longueur, on a étudié le tracé sur un développement de plus de 1000 kilomètres. Aux abords de la ville de Provins seulement, on a étudié des tracés dans huit directions

1. Voir, pour de plus amples détails, la circulaire du ministre des travaux publics aux préfets, relative à la rédaction des projets et avant-projets, en date du 14 janvier 1850.

2. Sur ces 1400 fr. 1100 environ ont été dépensés pour les études proprement dites et 300 fr. pour le levé et dessin des plans parcellaires, les extraits des matrices cadastrales et la confection des plans et des états indicatifs d'expropriation et préparation au bornage, ce dernier chapitre comprenant le tracé sur le plan parcellaire des emprises de terrain à exproprier et calculs des surfaces de ces terrains; copie en triple expédition de la minute du plan parcellaire, la fourniture des plans autographiés, les états parcellaires en double expédition, les états indicatifs des terrains en triple expédition, y compris le carton pour le dossier des enquêtes, le rigolage, piquetage et bornage des terrains à exproprier, et enfin la fourniture en double expédition d'extraits du plan parcellaire et des notes descriptives pour le bornage contraditoire dans les actes de vente.

Nous n'avons pas fait entrer dans ces frais d'étude le levé et les calculs des terrains à exproprier après le rigolage, la dépense pour estimation de terrains, la confection, la reliure et le cartonnage du dossier, et le bornage contradictoire des terrains acquis.

différentes sur une longueur de plus de 200 kilomètres.

Les études définitives du chemin de fer de Versailles depuis Asnières ont coûté de 30 000 à 35 000 francs, ce qui porte la dépense de 1800 à 2100 francs par kilomètre.

Celles du chemin de la rive gauche sont revenues à 2000 francs environ par kilomètre.

La seconde nature de dépenses portées au devis, celles pour acquisitions de propriétés et indemnités pour dégâts ou dérangements, est de toutes la plus difficile à apprécier d'avance.

Ce n'est pas la valeur réelle des terrains traversés que payent les concessionnaires d'un chemin, mais une valeur de convention établie par un jury sur des bases variables. Comment, par exemple, estimer le montant de l'indemnité que réclame un propriétaire et qu'alloue un jury, pour le tort qui résultera de l'interposition d'un remblai devant les fenêtres d'un château, ou pour le percement d'une tranchée profonde au milieu d'un grand parc ?

Le devis approuvé par le gouvernement pour le chemin de Versailles, rive gauche, portait à 177 000 francs le chiffre de l'indemnité à payer pour les terrains de la barrière du Maine à Versailles, la Compagnie a payé pour cet objet 3 016 000 francs !

Pour le chemin d'Orléans, le devis du gouvernement supposait que l'indemnité aux propriétaires ne dépasserait pas la somme de 1 500 000 francs. La Compagnie, pour la seule portion de Paris à Corbeil, a payé au delà de cette somme. L'indemnité pour la ligne entière a été de 8 491 000 francs.

La dépense pour les terrassements dépend de la nature des terres à enlever et de la distance à laquelle on est obligé de les transporter.

Les frais de transport, en tant que l'on emploie les moyens usités, sont faciles à calculer d'avance[1]. Il n'en est pas de même de la fouille du terrain.

1. Voir le tableau dressé par M. Brabant, p. 332.

Lorsqu'il s'agit d'ouvrir des tranchées profondes, on commence toujours par reconnaître le terrain au moyen d'un certain nombre de puits plus ou moins profonds ouverts dans l'axe de la tranchée. Mais, d'un côté, en multipliant ces puits au delà de certaines limites, on augmente considérablement la dépense, et de l'autre, pour peu qu'ils soient éloignés les uns des autres, ils ne fournissent sur la nature du terrain que des indices fort peu certains.

Vient-on à rencontrer des terrains ébouleux et remplis d'eau, l'exploitation en est tellement difficile, les accidents auxquels on se trouve exposé dans ce genre de travail sont si fréquents, qu'il est à peu près impossible, même pour les hommes les plus expérimentés, d'établir le chiffre de la dépense.

Sur les chemins de Croydon, North Eastern, Londres à Birmingham, Paris à Strasbourg, Paris à Lyon, Versailles, rive gauche, et beaucoup d'autres, on n'a pu dessécher les parois de certaines tranchées qu'au moyen de travaux fort dispendieux d'établissement et d'entretien.

Les travaux dans les terrains tourbeux n'offrent pas moins d'incertitude quant au montant des frais de percement que ceux entrepris dans des terrains ébouleux et aquifères.

M. Jullien, ancien ingénieur en chef du chemin d'Orléans, combattant le tracé du gouvernement, a déclaré qu'il lui était impossible d'apprécier d'avance l'étendue de la dépense à faire pour traverser la vallée tourbeuse de la Juine que suivait ce tracé.

Sur les chemins de Liverpool à Manchester et de Glascow à Garnkirck, on a dépensé des sommes énormes pour traverser de profonds marais. La dépense a de beaucoup dépassé les prévisions des ingénieurs.

Lorsqu'il s'agit de percements au lieu de tranchées, l'appréciation des dépenses est, on le conçoit, plus incertaine encore.

L'estimation de la dépense pour les ouvrages en maçonnerie n'est également pas sans difficultés. C'est surtout dans le

calcul de celle des fondations que l'on est sujet à commettre de grandes erreurs.

Les travaux de construction des grandes lignes de chemins de fer devant être poussés avec plus d'activité que les travaux ordinaires et s'exécutant sur une plus grande échelle, il en résulte un renchérissement dans les prix de main-d'œuvre. Aussi est-on dans l'usage d'accorder aux entrepreneurs un supplément aux prix ordinaires. Ce supplément s'est élevé sur plusieurs lignes de 10 à 20 pour 100.

Pour les travaux souterrains et pour la construction des grands viaducs, on porte aussi un prix plus élevé que pour les travaux ordinaires.

Nous avons rassemblé dans les documents joints à cet ouvrage un certain nombre de données numériques qui aideront dans l'établissement des devis.

Quant aux frais d'établissement de la voie, ils sont faciles à calculer : un tableau qui se trouve aux documents contient les détails du prix de revient d'un mètre courant de voie simple sur les chemins de Paris à Strasbourg, de Frouard à Forbach, Metz à Thionville, Strasbourg à Wissembourg et Paris à Orléans.

Ces prix comprennent le ballast employé pour le relèvement des voies pendant les deux premières années d'exploitation. M. Jullien, pour tenir compte de ce supplément de dépense, compte 3 mètres cubes de ballast par mètre courant de simple voie au lieu de $2^{m},50$.

Il ne faut pas oublier, lorsqu'on calcule les frais de construction d'un chemin de fer, d'ajouter à la longueur des voies principales celle des voies auxiliaires posées dans les gares, et de tenir compte du prix d'achat et de pose des changements de voies, plaques tournantes et chariots de service.

La longueur développée des voies dans les gares est très-variable. On trouve, dans le tableau analytique des frais de construction de nos grands chemins de fer et des chemins allemands, cette longueur pour ces différents chemins.

Sur le chemin d'Orléans, elle n'était dans l'origine que d'environ 11 pour 100 de la longueur des voies principales. C'est le développement du trafic qui a conduit à l'augmenter de telle façon, qu'elle est aujourd'hui, d'après notre tableau, au chemin d'Orléans de 33 pour 100.

Au chemin de Strasbourg, on ne supposait pas, lorsqu'on fit le devis, qu'elle dût dépasser 10 pour 100 pour la section de Paris à Nancy et 5 pour 100 pour la section de Nancy à Strasbourg; mais on considérait alors une recette de 16 millions de francs pour la ligne entière comme un maximum, et cette recette dépasse cette année (1854) 30 millions.

Dans la seule gare de marchandises de la Villette, la longueur des voies accessoires posées pour le service des marchandises est (y compris les voies de garage qui s'étendent jusqu'à la gare de Paris) de 12 000 mètres; pour celui des ateliers de réparation des voitures, de 4000 mètres, et de 1400 mètres pour les remises de locomotives.

Dans la gare d'Épernay, la longueur des voies accessoires posées pour le service de l'exploitation est de 1500 mètres; elle est de 3750 mètres environ pour le service des ateliers.

Dans la gare de Nancy, la longueur des voies accessoires est de 3851 mètres, mais elle est insuffisante.

Dans la gare des voyageurs de Paris, elle est de 2000 mètres; dans celle de Strasbourg, qui contient aussi des halles pour le service des marchandises, de 6882 mètres; dans celle de Metz, de 4600 mètres.

On diminue la dépense des voies de remisage en se servant pour ces voies, dans les remises de wagons, de rails du poids de 15 à 20 kilog. au lieu de ceux de 37 kilog. employés pour les voies principales.

On trouvera aux documents le prix des changements de voie et croisements en place.

Si le chemin est à une seule voie, on achète le terrain, on construit les ouvrages d'art, on ouvre les tranchées pour les

deux voies; mais on ne construit les remblais établis par voie d'empierrement que pour une seule.

Le prix de la voie simple par mètre s'établit comme il est indiqué au document, en comptant toutefois 1/2 mètre cube de ballast en plus; la longueur des voies d'évitement est ordinairement d'un cinquième à un quart de la longueur totale du chemin.

Lorsque le tracé du chemin est très-sinueux et présente un grand nombre de courbes en tranchées et des souterrains, un cinquième ou un quart de double voie ne suffirait pas. Il faut poser la double voie dans toutes les parties de la ligne où les convois ne peuvent être aperçus d'une grande distance.

Les clôtures du chemin se composent de poteaux de $1^m,40$ de hauteur espacés de $1^m,50$, et réunis par 3 lisses pour les parties les moins habitées, et de treillages en échalas pour celles où la population est plus dense. On compte pour les clôtures à trois lisses $0^f,45$ par mètre courant, et $0^f,75$ par mètre courant de clôture en échalas (marchés faits en 1854 pour le chemin de Paris à Mulhouse).

Soit le double par mètre courant de chemin.

La dépense pour les haies vives est de $0^f,80$, y compris l'entretien pendant dix ans.

Les dépenses à faire pour les bâtiments d'exploitation comprennent celles pour les bâtiments de salles d'attente, remises de locomotives et de wagons, les ateliers, les maisons de garde, etc.... Elles peuvent être calculées d'avance avec assez d'exactitude.

La forme et les dimensions de ces bâtiments une fois données, on en établit aisément le devis.

Nous avons réuni, sous forme de documents, des renseignements intéressants sur les prix payés pour la construction de ces bâtiments en France dans différentes circonstances. Les stations extrêmes des grandes lignes sont revenues généralement à des prix fort élevés.

D'après M. Petit de Coupvray (*Annuaire des Chemins de fer*, 1852-1853), les stations et les gares en Angleterre sont en

général d'un genre plus simple que celles que nous construisons en France. On ne pourrait guère citer en Angleterre que cinq ou six de ces édifices sortant de la ligne ordinaire.

La station du grand chemin du London and North Western à Londres, construite dans ces derniers temps par MM. William Cubitt et Cie, sur les plans de M. Philippe Hardwick, est l'édifice le plus monumental de ce genre. Sa dépense s'est élevée à 3 750 000 fr., non compris le terrain qui appartenait à la Compagnie et les voies et annexes qui existaient déjà.

A Londres, à l'exception du Terminus d'Euston et de celui du Great-Northern, les bâtiments des gares sont inférieurs à ceux de nos grandes Compagnies à Paris. Dans les provinces, la dépense des bâtiments des stations représente quelquefois cependant un chiffre assez élevé. On peut citer comme dispendieuses les stations de :

Peterborough,	qui a coûté	2 250 000 fr.
Chester,	»	1 150 000
Cambridge,	»	2 000 000
Ely,	»	3 300 000
Stoke,	»	1 000 000

Enfin voici quel a été, pour plusieurs chemins d'une importance secondaire non portés dans notre tableau, le montant de ce chiffre de dépense :

LIGNES.	DISTANCES MOYENNES entre les stations en kilomètres.	DÉPENSE par kilomètre.
Lancaster à Carlisle.	9	24 000 francs.
Chester.	9	26 000 »
Trent Valley	8	26 000 »
Northampton à Peterborough.	8	20 000 »
North Middland.	8	30 000 »
North Staffordshire.	6	20 000 »

Les différents prix indiqués ci-dessus ne comprennent pas la valeur des terrains sur lesquels ont été placés les bâtiments.

L'erreur que l'on commet souvent dans les devis des gare d'un chemin de fer, provient de ce que l'on se méprend sur les dimensions qu'il convient de leur donner. Nous avons traité la question au chapitre du tracé et à celui des stations, et fourni des renseignements qui permettent de déterminer l'étendue totale de la gare et celle des différents bâtiments.

La dépense faite pour l'outillage actuellement existant des grands ateliers d'Épernay s'élève à 476 015 fr., et se subdivise de la manière suivante :

Atelier d'ajustage.	336 440 fr.
— des bandages de roues et forges..	67 825 »
— de ressorts et de la chaudronnerie..	25 200 »
— de montage..	46 650 »

Le chiffre de 476 015 fr. ne comprend que l'acquisition des outils ; il faudrait ajouter environ 16 pour 100 pour l'installation comprenant les transmissions de mouvement, les fondations et la pose des machines-outils.

Les voies de fer et grandes plaques tournantes ne sont pas comprises dans cette dépense.

Pour compléter cet outillage, il faudrait dépenser encore 25 000 fr.

L'outillage actuellement existant des ateliers de Montigny, plus spécialement consacré à la réparation des wagons, a coûté 170 368 fr., se divisant de la manière suivante :

Outillage de l'atelier d'ajustage..	126 298 fr.
— des forges et montage.	28 750 »
— des wagons..	15 320 »

Il faut ajouter 16 pour 100 pour l'installation.

Pour compléter cet outillage, la dépense serait d'environ 16 000 fr.

L'outillage des ateliers de la Villette affectés à la carrosserie, a coûté, abstraction faite des frais d'installation, 126 000 fr. Il faudrait dépenser 22 000 fr. pour le compléter.

En résumé, la dépense d'outillage des ateliers d'Épernay serait de. . . . . 501 000 francs.

De Montigny, de.	186 000
De la Villette, de.	148 000
Total pour les trois ateliers.	835 000
Ajoutant 16 pour 100 pour frais d'installation, etc.	133 600
Total définitif.	968 600 fr.

soit en nombres ronds : un million[1].

Le matériel d'exécution pour les terrassements ou les ouvrages d'art des chemins de fer, à l'exception des rails prêtés ou loués par la Compagnie, doit être, en général, fourni par les entrepreneurs, comme il l'a été au chemin de Strasbourg.

Mais si l'on construisait des chemins de fer dans un pays où l'on ne trouverait pas d'entrepreneur outillé convenablement pour des travaux de ce genre, il ne faudrait pas oublier de porter au devis une certaine somme pour fourniture de matériel d'exécution.

La dépense pour le matériel d'exploitation des chemins est encore de la nature de celles que l'on peut aisément apprécier d'avance; on sait ce que peuvent coûter une diligence, un wagon de marchandises, une locomotive. Les documents fourniront l'indication de ces différents prix.

Quant au nombre de locomotives ou de wagons réclamés par le service du chemin, on peut s'en rendre compte sans trop de difficulté.

On connaît en effet à peu près *à priori*, d'après l'importance présumée du chemin, le nombre de convois réguliers de voyageurs et de marchandises qui devront circuler annuellement sur la ligne et la distance qu'ils doivent parcourir. Y joignant celui des convois supplémentaires, ainsi que celui des convois conduits par deux ou trois machines, que l'on prévoit pouvoir être

1. Voir les documents pour le détail de l'outillage.

réclamés quelquefois par l'exploitation et doublant ou triplant ce dernier, on aura le *nombre total* de *convois simples* circulant chaque année. Multipliant ce nombre par la distance totale à franchir par les convois, on aura le nombre total de kilomètres que devront parcourir annuellement toutes les machines ensemble.

Si donc on connaissait le nombre de kilomètres que peut parcourir annuellement chacune d'elles, on obtiendrait le nombre de machines nécessaires en divisant la première donnée par la seconde.

Or, celle-ci peut se déduire facilement de la comparaison de divers chemins établis, connaissant pour chacun d'eux le nombre de locomotives, le parcours kilométrique de toutes ces machines ensemble, et en déduisant par division celui de chacune d'elles.

Malheureusement les comptes rendus des Compagnies ne fournissent pas toujours ce renseignement, ou ils ne renferment que des données incomplètes sur le parcours des machines. Nous avons suppléé à cette insuffisance des comptes rendus en nous adressant directement aux ingénieurs de nos principales lignes en exploitation, et nous avons dressé le tableau suivant avec les informations que nous nous sommes procurées auprès d'eux :

PARCOURS DES MACHINES LOCOMOTIVES,

y compris le parcours des réserves à vide et les mouvements de gare.

NATURE des MARCHANDISES.	NORD. Parcours moyen.	EST. Parcours moyen.	ROUEN Parcours moyen.	ORLÉANS Parcours moyen.	LYON Parcours moyen.
	kilom.	kilom.	kilom.	kilom.	kilom.
Machines à voyageurs et mixtes..	26 290	28 575	18 319	26 034	23 609
Machines à marchandises..	30 223	37 900	34 510	26 855	28 304
Machines Crampton.	46 250	52 375	»	»	»

OBSERVATIONS.—Les chemins de Rouen, d'Orléans et de Lyon ne possèdent pas de Crampton.

On remarque, en étudiant le tableau ci-dessus, que, sur les chemins de l'Est et du Nord, qui sont les seuls de notre tableau qui les emploient, le parcours des machines Crampton dépasse de beaucoup celui des autres machines. Ainsi leur parcours moyen atteint 46 250 kilomètres sur le Nord et 52 375 kilomètres sur l'Est. Cela tient à la grande rapidité de leur marche.

Le parcours moyen des machines à voyageurs marchant à une vitesse ordinaire, y compris le parcours des machines de réserve, est beaucoup plus faible, puisqu'il n'est que de 26 290 kilomètres sur le Nord, de 28 575 sur l'Est, et de 23 609 sur le chemin de Lyon.

Nous n'avons pu nous procurer le chiffre du parcours des machines de réserve à vide et des mouvements de gare aux chemins d'Orléans et de Rouen, mais le tableau suivant en donne le chiffre exact pour le chemin du Nord :

PARCOURS DES MACHINES DU CHEMIN DE FER DU NORD

PENDANT L'ANNÉE 1853.

NATURE des MACHINES.	NOMBRE de machines.	TRAINS DE VOYAGEURS.	TRAINS DE MARCHANDISES	TRAINS D'ENSABLEMENT.	MACHINES seules.	MOUVEMENTS de GARE.	TOTAL.	MOYENNE PAR AN et par machine.	PARCOURS des trains suivant la statistique de l'exploitation.
		kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.
1° Petites machines de l'État. . .	4	7 444	6 601	9 828	1 326	322	25 521	6 430	
2° Crampton..	15	682 776	5 484	»	1 338	4 175	693 773	46 250	3 417 533
3° Machines à voyageurs et mixtes.	121	2 674 460	363 777	8 117	47 933	86 894	3 181 181	26 290	
4° Machines à marchandises. . .	86	17 991	2 319 726	76 876	26 514	158 187	2 599 294	30 223	2 370 196
5° Machines de gare.	2	»	»	»	»	21 599	21 599	10 799	
Totaux.	228	3 382 671	2 695 588	94 821	77 111	271 177	6 521 368	28 617	5 787 729

Au chemin de l'Est, les machines de réserve à vide ont parcouru en totalité 154 000 kilomètres, sur lesquels les machines à voyageurs ont fait environ 70 000 kilomètres et celles à marchandises 84 000 kilomètres.

Le service des gares, fait par les machines des trains, puisque la Compagnie ne possède pas encore de machines de gare, représente un mouvement de 371 000 kilomètres, dont 150 000 kilomètres peuvent être attribués au service des voyageurs et 221 000 kilomètres à celui des marchandises. Le service du ballast représente un parcours de 50 000 kilomètres.

Des données précédentes, il résulte que :

1° Sur le Nord, le parcours moyen des machines à voyageurs attelées aux trains de voyageurs a été de 45 500 kilomètres; celui des machines à voyageurs ordinaires attelées aux trains de voyageurs, de marchandises ou de ballast a été de 25 175 kilomètres, et celui des marchandises attelées aux trains de voyageurs, de marchandises ou de ballast, de 21 475 kilomètres.

Sur le chemin de l'Est, les parcours ont été :

Pour les Crampton attelées aux trains, de. . .	49 000 kilom.
Pour les machines à voyageurs ou mixtes, de.	25 500 —
Pour les machines à marchandises.	32 300 —

2° Que sur le Nord le parcours des machines de réserve à vide a été :

Pour les Crampton, environ les $0^m,002$ du parcours des machines attelées;

Pour les machines ordinaires ou mixtes, les $0^m,015$ du parcours des machines attelées;

Pour les machines à marchandises, les $0^m,010$ du parcours des machines attelées.

Sur le chemin de l'Est, le parcours des machines de réserve à vide a été :

Pour les Crampton, machines ordinaires et mixtes, environ le $0^m,025$ du parcours des machines attelées;

Pour les machines à marchandises, le 0,045 du parcours des machines attelées.

3° Que sur le chemin du Nord le parcours dans les gares a été :

Pour les Crampton, environ les $0^m,006$ du parcours des machines attelées ;

Pour les machines à voyageurs ordinaires et mixtes, 0,030 du parcours des machines attelées ;

Pour les machines à marchandises, 0,060 du parcours des machines attelées.

4° Que sur le chemin du Nord le service des gares a été fait en outre par deux machines de gare qui ont parcouru 21 599 kilomètres dans l'année, en sorte que, divisant le parcours total des machines possédées par la Compagnie, y compris les deux machines de gare, on trouve, pour le parcours total des machines dans les gares, 271 000 kilomètres, soit environ $0^m,04$ du parcours des machines attelées.

Sur le chemin de l'Est, le parcours dans les gares a été, pour toutes les machines, environ les $0^m,08$ du parcours des machines attelées.

Le parcours des réserves à vide et le parcours dans les gares sont donc sensiblement plus considérables au chemin de l'Est qu'au chemin du Nord. Cela tient, d'une part, à ce que les machines, qui, sur le chemin de l'Est, font le service des rampes, reviennent toujours à vide, d'autre part, au grand nombre de trains marchant avec deux machines, dont l'une revient nécessairement à vide; et enfin à l'importance des manœuvres dans certaines gares.

Sur le chemin de Rouen, le service est organisé de telle façon que le nombre de kilomètres parcourus par les machines de réserve et dans le service des gares est peu considérable. Il est également assez faible sur le chemin d'Orléans.

De l'avis d'un grand nombre d'ingénieurs expérimentés, les locomotives ont fait sur le chemin de l'Est un service excessif; la Compagnie a été forcée, par l'augmentation subite et impré-

vue du trafic, d'en accroître le travail au delà des proportions convenables. Aux chemins du Nord et d'Orléans, le travail des locomotives à voyageurs, quoique moins grand que sur celui de l'Est, a été considérable.

Nous pensons que, pour ne pas fatiguer outre mesure le matériel, il ne faut pas faire parcourir aux machines à voyageurs ordinaires et mixtes plus de 24 à 25 000 kilomètres par an, et plus de 22 à 23 000 kilomètres lorsqu'elles sont attelées aux trains, ce qui fait 66 kilomètres par jour dans le premier cas, et 63 kilomètres dans le second.

Au chemin de Rouen, où la traction est faite par un entrepreneur à forfait, le parcours total des locomotives à voyageurs n'a pas dépassé 18 319 kilomètres. Il est vrai que le travail des locomotives à marchandises a été considérable. Pour ces dernières, on doit compter un cinquième en sus du travail des locomotives à voyageurs ordinaires. Il y a quelques années, le travail moyen des locomotives à voyageurs dépassait rarement 18 000 kilomètres par an, et celui des locomotives à marchandises 20 000 kilomètres[1]. M. le docteur Lardner, dans un ouvrage publié en 1850, regarde comme un tour de force le travail moyen de toutes les locomotives du Greath Northern railway s'élevant à 25 000 kilomètres par an.

Lors de la première année d'exploitation d'un chemin de fer, le matériel étant entièrement neuf, on pourra dépasser la moyenne indiquée; mais quand le matériel sera usé, on sera souvent exposé à rester au-dessous.

La locomotive en service faisant chaque jour des trajets de 180 à 200 kilomètres, c'est-à-dire à peu près le triple du trajet moyen, on doit en conclure que deux machines sont en réparation pour une en feu, ou, en d'autres termes, que chaque machine ne travaille en moyenne dans l'année que pendant quatre mois.

Ces données sur le parcours des locomotives suffisent pour

1. Voir l'ouvrage de M. Teisserenc.

calculer par approximation le nombre de machines nécessaires à l'exploitation d'un chemin de fer sur lequel on aura déterminé par hypothèse le nombre des trains de voyageurs et de marchandises nécessaires pour un certain trafic.

Le matériel du service ordinaire ainsi fixé, si certains jours de l'année, comme au chemin de Versailles, par exemple, on est obligé de transporter des masses extraordinaires de voyageurs, il faut, outre le matériel du service ordinaire, un matériel supplémentaire pour les jours de fêtes, dont la dépense augmente considérablement les frais de premier établissement, comme on a pu le voir dans le tableau n° 2. Pour apprécier l'importance de ce matériel, il faut déterminer le nombre des machines qui doivent être mises en feu ces jours-là, et supposer qu'une partie plus ou moins considérable, le quart, par exemple, ne pourra être mis en état de marcher pour ces solennités, ou qu'il devra rester en réserve.

Quelques ingénieurs, pour déterminer le nombre de locomotives nécessaires à un chemin de fer, ont suivi une autre marche que celle que nous venons d'indiquer. Ainsi ils ont admis que l'exploitation d'une ligne considérable par son trafic exige l'emploi de trois machines locomotives par myriamètre; cependant ce nombre a été dépassé aux chemins du Nord et de Strasbourg. Le premier possède (courant de 1854) 287 machines (dont 48 en construction) pour 710 kilomètres exploités, ou 4 machines par myriamètre, et le second aura incessamment 248 machines pour 682 kilomètres, soit 3 machines 6/10 par myriamètre. Sur des chemins d'une importance moindre, ce nombre de machines par myriamètre est descendu à 2 et même au-dessous. Au chemin de Troyes à Montereau, par exemple, il n'y a que 16 machines pour 100 kilomètres, soit une machine 6/10 par myriamètre.

Le nombre des machines s'obtient d'une manière beaucoup plus précise en divisant le nombre total des kilomètres parcourus pendant l'année par les nombres que nous avons indiqués.

Si maintenant nous passons à la détermination du nombre

de *wagons de toute espèce* nécessaires pour le transport des voyageurs ou pour celui des marchandises en service ordinaire, nous devons commencer par chercher, comme nous l'avons fait pour les machines :

1° Le parcours kilométrique annuel de l'ensemble des wagons ; et pour cela il suffit évidemment de multiplier le parcours total déjà connu des convois simples par le nombre moyen de wagons entrant dans la composition de chaque convoi ;

2° Le parcours moyen annuel d'un wagon, que l'on déduira, comme pour les machines, de l'exemple des chemins établis.

Ces deux quantités étant connues, on aura, en les divisant l'une par l'autre, le nombre de wagons nécessaires à l'exploitation.

Mais le service des wagons ne peut malheureusement pas se régler aussi facilement que celui des locomotives, ce qui rend la solution du problème beaucoup plus difficile pour les wagons que pour les locomotives.

Les exigences du commerce, qui varient beaucoup sur les différentes lignes, nécessitent le stationnement plus ou moins long des wagons de marchandises dans les gares, ce qui diminue leur parcours. La longueur du trajet que font ces wagons en moyenne chaque jour, et qui n'est pas à peu près constant, comme pour les locomotives, exerce également une grande influence sur le temps perdu au chargement ou au déchargement et par suite sur le parcours journalier.

Nous allons toutefois indiquer le parcours moyen des voitures et wagons à marchandises sur les chemins du Nord, d'Orléans et de l'Est. Si l'on ne peut pas en tirer des conséquences absolues, on pourra, du moins, se faire une idée des limites entre lesquelles varie la longueur du parcours des wagons sur les grandes lignes en France.

Le tableau suivant résume ces parcours.

PARCOURS MOYEN DES VÉHICULES DE DIFFÉRENTES ESPÈCES.

	NATURE DES VÉHICULES.	NORD.	EST.	ORLÉANS.	ROUEN.	LYON.
Voitures et vagons à voyageurs.	Voitures de cérémonie. .	1 261	»	»	»	
	Salons.	3 092	»	»	»	
	1re classe.	44 325	»	53 727	»	56 698
	Mixtes.	27 757	»	28 785	»	
	2e classe.	32 194	»	33 531	»	38 599
	3e classe.	22 878	»	40 406	»	47 445
	Fourgons à équipages. .	51 918	»	60 015	»	66 225
	Trucks à équipages.. . .	9 104	»	12 568	»	49 174
	Écuries.	12 198	»	19 094	»	20 654
	Wagons à lait.	29 643	»	26 519	»	8 979
	Wagons-poste.	56 506	»	»	»	»
	Parcours moyen. . .	31375	37 150	38 885	29 470	»
Vagons à marchandises.	Wagons bergeries.	22 131	»	18 559	»	»
	» à bois.	13 131	»	»	»	»
	» à pierre.	8 268	»	»	»	»
	» à bestiaux. . . .	18 017	»	34 557	»	9 493
	» à coulisses. . . .	25 521	»	»	»	20 823
	» plats longs. . . .	14 166	»	18 029	»	10 682
	» tombereaux. . .	19 309	»	»	»	10 820
	» à sable.	5 355	»	»	»	»
	» à houille.	13 593	»	»	»	»
	» à coke.	6 352	»	»	»	»
	» plats divers. . .	15 259	»	»	»	»
	» de secours. . . .	448	»	»	»	»
	» à plaques tournantes.	4 873	»	»	»	»
	» maringottes. . .	»	»	26 428	»	27 656
	» à farines.	»	»	11 350	»	»
	» à frein.	»	»	»	»	24 991
	Parcours moyen. . .	14 791	20 000	27 539	20 641	»

On voit, en étudiant ce tableau :

1° Que le parcours moyen de tous les véhicules employés dans les trains de voyageurs sur les trois grandes lignes portées dans ce tableau, n'a pas été de moins de 29 000 kilomètres par an et de plus de 39 000 kilomètres;

2° Que le parcours moyen minimum des wagons à marchan-

dises a été de 14 791 kilomètres (chemin du Nord), et le parcours moyen maximum de 27 539 kilomètres (sur le chemin d'Orléans).

Ces parcours ont été d'autant plus grands, que les distances moyennes pour le transport des marchandises à petite vitesse ont été plus grandes, puisque ces distances ont été, pour une tonne de marchandises, de 161 kilomètres sur le chemin du Nord, de 169 sur celui de l'Est et de 199 sur le réseau d'Orléans.

3° Que le parcours des fourgons à bagages, qui entrent dans la composition de tous les trains, a été plus grand que celui d'aucun autre véhicule, puisqu'il a atteint près de 52 000 kilomètres sur le chemin du Nord et 60 000 sur le réseau d'Orléans.

4° Que le parcours des voitures de 1re classe, qui entrent exclusivement dans la composition des convois à grande vitesse, est sensiblement plus grand que celui des voitures de 2e et de 3e classe.

5° Que les wagons de terrassement et les trucks à équipages, qui ne marchent qu'accidentellement, sont de tous les véhicules ceux qui font le moins de parcours.

6° Que le parcours moyen des wagons à marchandises est, comme on devait s'y attendre, très-variable.

Le nombre moyen de kilomètres parcourus par les véhicules de différentes espèces connu, il faut aussi se rendre compte de la composition moyenne d'un convoi. C'est ce qu'indique le tableau suivant pour différents chemins.

COMPOSITION MOYENNE D'UN CONVOI.

DÉSIGNATION DES VÉHICULES.	COMPAGNIE DU NORD.		COMPAGNIE DE L'EST.		COMPAGNIE DE ROUEN.		COMPAGNIE D'ALSACE.		COMPAGNIE D'ORLÉANS.		COMPAGNIE DE LYON.		COMPAGNIES BELGES.	
	Nombre de wagons par convoi.	Nombre pour cent.	Nombre de wagons par convoi.	Nombre pour cent.	Nombre de wagons par convoi.	Nombre pour cent.	Nombre de wagons par convoi.	Nombre pour cent.	Nombre de wagons par convoi.	Nombre pour cent.	Nombre de wagons par convoi.	Nombre pour cent.	Nombre de wagons par convoi.	Nombre pour cent.
Voitures de 1re classe.	1,71	19	1,50	»	1,49	13	1,31	11	1.39	15	1,34	12	1,84	16
Id. de 2e classe.	2,17	25	2,80	»	3,41	29	1.96	17	2.39	27	1,88	17	2,56	23
Id. de 3e classe.	1,98	22	6,00	»	1,54	13	2.67	22	1.37	15	1.94	18	3.60	33
Total des voitures.	5,86	66	10,30	»	6,44	55	5,94	50	5,15	57	5,16	47	8,00	72
Wagons à bagages.	2,16	25	»	»	0,43	4	2.00	17	0,91	9	»	»	1,06	9
Id. divers.	0.77	9	»	»	5,00	41	3,89	33	3.19	34	5,61	53	2,14	19
Total des wagons.	2,93	34	»	»	5.43	45	5,89	50	4,10	43	5,61	53	3,20	28
Report des voitures.	5,86	66	10,30	»	6,44	55	5,94	50	5,15	57	5,16	47	8,00	72
	8,79	100	»	»	11,87	100	11,83	100	9,25	100	10,77	100	11,20	100

OBSERVATIONS. — Il n'y a qu'aux Compagnies de l'Est et de Lyon que nous ayons pu obtenir des chiffres récents sur la composition moyenne des trains. Pour les autres Compagnies, les données prises dans l'ouvrage publié par M. Teisserenc sont anciennes, mais elles suffisent eu égard au but que nous nous sommes proposé.

Comme il faut aussi calculer le matériel en raison du nombre de voyageurs à transporter, et que les voitures ne sont jamais entièrement pleines, nous donnons ci-contre un tableau des places offertes et des places occupées sur différents chemins.

Enfin, pour aider à déterminer la quantité de matériel nécessaire à l'exploitation d'un chemin de fer, nous indiquons dans un nouveau tableau (page 304) le matériel en locomotives et véhicules de différentes espèces de plusieurs Compagnies, le travail total de ce matériel mesuré par le nombre de convois, le nombre de kilomètres parcourus par chaque espèce de convois, le nombre de kilomètres parcourus par les machines seules, le nombre de voyageurs et de tonnes transportés à un kilomètre, le parcours moyen d'un voyageur et d'une tonne de marchandises.

TABLEAU DES PLACES OFFERTES ET DES PLACES OCCUPÉES PAR CONVOI.

DÉSIGNATION DES CLASSES	COMPAGNIE DU NORD.			COMPAGNIE DE L'EST.			COMPAGNIE DE ROUEN.			COMPAGNIE D'ALSACE.			COMPAGNIE D'ORLÉANS.			COMPAGNIES BELGES.		
	Places offertes.	Places occupées.	Rapport.	Places offertes.	Places occupées.	Rapport.	Places offertes.	Places occupées.	Rapport.	Places offertes.	Places occupées.	Rapport.	Places offertes.	Places occupées.	Rapport.	Places offertes.	Places occupées.	Rapport.
1re classe. . .	41,04	18,10	2,26	36,0	11,0	3,27	35,76			39,30	3,57	11,00	33,76			55,20	8,69	6,35
2e classe. . .	65,10	22,35	2,91	84,0	18,0	4,67	102,30	64,40	2,80	56,80	13,26	4,43	71,70	29,10	3,62	76,80	21,33	3,60
3e classe. . .	84,61	37,62	2,25	240,0	102,0	1,37	46,20			80,10	34,17	2,34	41,10	30,45	1,35	108,0	48,98	2,20
	190,78	78,07	2,45	360,0	131,0	2,75	184,26	64,40	2,80	178,20	51,00	3,50	146,56	59,55	2,40	240,00	79,00	3,03

OBSERVATIONS. — La Compagnie de l'Est a pu seule nous fournir des renseignements récents; les autres sont empruntés à l'ouvrage de M. Teisserenc.

TABLEAU DU NOMBRE DE LOCOMOTIVES ET DE VÉHICULES SUR DIFFÉRENTS CHEMINS.

	NATURE DU MATÉRIEL.	COMPAGNIE du Nord. 1853	COMPAGNIE de l'Est. 1853	COMPAGNIE d'Orléans. 53	COMPAGNIE de Lyon. 1853
Nombre de machines.	Crampton.	15	12	»	»
	Voyageurs.	121	79	139	57
	Mixtes.		14	46	56
	Marchandises.	86	75	62	12
	Gares.	2	»	»	»
Voitures des trains de voyageurs.	Cérémonies.	1	»	»	1
	Salons.	5	1	»	»
	1re classe.	142	94	139	70
	Mixtes.	51	40	34	12
	2e classe.	193	200	202	110
	3e classe.	263	284	218	161
	Fourgons à bagages.	179	160	123	74
	Trucks à équipages. .	59	46	62	50
	Écuries..	65	69	60	40
	Wagons à lait.. . . .	25	»	13	15
	Wagons-poste.. . . .	8	»	»	6
Voitures des trains de marchandises.	Wagons-bergeries.. .	50		60	»
	» à bois.	150		»	2
	» à pierres. . . .	150		»	»
	» à bestiaux. . .	532		1528	445
	» à coulisses. . .	251		»	1028
	» plats longs. . .	544		599	178
	» tombereaux.. .	75		»	65
	» à sable.	189		»	220
	» à houille. . . .	1103	3359	»	2
	» à coke.	303		72	»
	» plats divers. . .	1273		»	»
	» à plaques tournantes. . . .	2		12	»
	» maringottes. . .	»		»	»
	» à farines. . . .	»		225	382
	» à freins.. . . .	»		10	»
	» de secours. . .	17	9	»	150
Parcours total des machines	à voyageurs.	3801930k	2995212k	3809315k	2011622k
	à marchandises. . . .	2620793	2274409	2192216	1040469
Parcours total des trains.	de voyageurs.	3417533k	2620573k	3216648k	1959524k
	de marchandises. . .	2370196	1784570	2154883	905716
Parcours moyen	d'un voyageur. . . .	51	71	78	92
	d'une tonne de marchandises.	161	169	199	198,5
Voyageurs transportés à 1 kil.		242230000	176181332	223752399	167888692
Tonnes de marchandises, *id.* .		189940205	139413279	152471857	89439514

Le matériel de ces différents chemins est faible, comparé au trafic. Il convient du reste en général de commander un excédant de matériel plutôt que de s'exposer à se trouver renfermé dans des limites trop restreintes. Toutes nos grandes Compagnies ont perdu des recettes considérables faute de matériel.

Il nous reste maintenant, pour compléter l'analyse que nous avons entreprise des dépenses qui composent le prix de construction des chemins de fer, à parler du montant de celles qui concernent les approvisionnements, le contentieux et l'imprévu.

La dépense pour approvisionnements ne peut donner lieu à des erreurs bien graves. On la calculera facilement en admettant qu'il suffit de posséder en magasin ou sur les chantiers la quantité de coke et de matériaux nécessaire aux besoins d'un service actif pendant plusieurs semaines.

Les frais de contentieux, souvent considérables, sont beaucoup plus sujets à variations.

Les frais imprévus doivent être estimés à un dixième de la dépense totale; ce n'est pas leur faire une part trop large dans un devis aussi difficile à établir que celui d'un chemin de fer.

La revue que nous venons de passer des éléments du prix d'établissement des chemins de fer confirme ce fait énoncé en commençant ce chapitre, que si quelques-uns peuvent être facilement calculés d'avance, d'autres, au contraire, et ce sont les plus importants, ne sauraient être appréciés avec exactitude. Comment donc s'étonner des erreurs commises par les ingénieurs dans des estimations aussi difficiles et aussi variées, lorsqu'on voit si souvent les architectes se tromper dans le simple devis d'une maison?

Des marchés à passer pour l'exécution des chemins de fer. — Bien des personnes pensent qu'on peut éviter des mécomptes en passant des marchés à forfait pour la totalité de l'exécution.

Il est très-important de combattre cette opinion, dont la pratique a démontré la fausseté.

Les administrateurs des Compagnies sont, en général, fort enclins à passer des marchés à forfait, parce qu'ils croient, de cette manière, se mettre à l'abri de toute responsabilité.

C'est un moyen commode pour eux de se décharger des soins de l'exécution, mais très-préjudiciable, selon nous, aux intérêts bien entendus des actionnaires.

Qu'arrivera-t-il, en effet, si l'on traite à forfait avec un entrepreneur unique pour l'exécution d'un chemin dont le capital est considérable, comme l'a été, par exemple, celui du chemin de Strasbourg à Bâle? Ou l'entrepreneur se sera donné une grande latitude dans l'estimation de la dépense, et il réalisera d'énormes bénéfices; ou, trop hardi dans sa soumission, il aura dépassé de beaucoup ses prévisions; ou, enfin, la dépense s'éloignera peu de ses devis, et son bénéfice sera modéré ou sa perte tolérable.

Dans le premier cas, les actionnaires éprouveront un préjudice que l'on aurait pu éviter.

Dans le second, la fortune de l'entrepreneur deviendra insuffisante, et il abandonnera les travaux, ou, ce qu'il y a de plus probable, il suscitera à la Compagnie de tels embarras, qu'elle se trouvera conduite à la résiliation du traité sans indemnité et avec restitution du cautionnement, car il est toujours dangereux d'entamer un procès avec un entrepreneur puissant. Le succès est fort problématique, les travaux en sont toujours retardés; et les Compagnies sages évitent à tout prix de pareils débats devant les tribunaux.

Dans le dernier cas, le traité peut être considéré comme avantageux pour la Compagnie et pour l'entrepreneur; mais on conçoit que, vu l'incertitude que présentent les estimations des travaux d'un chemin de fer, ce ne sera pour ainsi dire que par hasard et bien rarement que, plus habile que les ingénieurs les plus expérimentés, l'entrepreneur sera parvenu à déterminer, à peu près exactement, les frais de construction. Un entrepreneur prudent escomptera toujours cette incertitude à son profit, et ne consentira à traiter qu'à des prix fort élevés.

Ce que nous avançons, il nous serait facile de le prouver par de nombreux exemples. Nous nous bornerons à en citer un seul.

Le chemin de Strasbourg à Bâle a été entrepris par M. Nicolas Kœchlin, au prix de 40 millions. Il est impossible de savoir exactement quel a été le bénéfice de M. Kœchlin sur cette affaire; mais, à considérer la nature des travaux à exécuter et le prix accordé pour ces travaux, on croira difficilement que le bénéfice n'ait pas été considérable; et cependant le chemin livré à la Compagnie était loin d'être parfait, loin surtout d'être complet. Les contestations entre M. Kœchlin et la Compagnie ont été nombreuses : nous ne prétendons pas nous en faire juges; encore moins critiquerons-nous une œuvre qui sous tant de rapports fait honneur aux ingénieurs qui l'ont accomplie; mais nous ne pouvons nous empêcher de nous poser cette question :

Les administrateurs du chemin de Bâle à Strasbourg auraient-ils passé un marché à forfait, pour l'exécution de ce chemin, s'ils eussent prévu que, malgré ce marché, ils auraient à créer, à côté du capital souscrit primitivement par les actionnaires, un nouveau capital d'emprunt pour compléter leurs ateliers, loger leurs employés et reconstruire une partie de leur matériel? Il est permis d'en douter.

Il y a deux manières de traiter à forfait pour l'exécution d'un chemin de fer.

1° On annexe au traité un devis explicatif des travaux à exécuter;

2° On traite sans devis explicatif, à cette seule condition que le chemin sera reçu par l'administration des ponts et chaussées comme satisfaisant aux obligations du cahier des charges.

Le premier mode a été adopté pour l'achèvement du chemin de Versailles (rive gauche).

Dans ce cas, tout ouvrage qui n'est pas prévu au devis est payé séparément, et le principal avantage que l'on prétendait retirer du traité à forfait disparaît.

Peut-être objectera-t-on qu'il est facile d'éviter ce surcroît de dépense en stipulant dans le traité que tout ouvrage non

prévu au devis, et cependant nécessaire à l'établissement du chemin, sera exécuté aux frais de l'entrepreneur.

Les arbitres nommés pour décider des contestations entre la Compagnie et l'entrepreneur à forfait, ne s'arrêtent jamais à la lettre des conventions; ils les interprètent toujours en faveur de l'entrepreneur, surtout si celui-ci est assez adroit pour leur persuader que l'opération lui est onéreuse. Les Compagnies, en cas de procès, sont presque toujours sacrifiées, et l'entrepreneur a toutes les chances de bénéfices en sa faveur sans courir les chances de perte.

C'est ce qui est arrivé à la Compagnie de Versailles (rive gauche), qui a dû payer 800 000 fr. à M. Séguin pour travaux imprévus, bien que le traité stipulât formellement que ces travaux devaient être à la charge de l'entrepreneur.

En vain les administrateurs du chemin, qui s'étaient rendus personnellement garants de toute dépense excédant le chiffre du forfait, avaient-ils consulté pour la rédaction du traité trois de nos plus célèbres avocats, MM. Chaix d'Est-Ange, Ph. Dupin et Bethmont.

Au moment même où nous livrons cet ouvrage à l'impression, les entrepreneurs à forfait du chemin de Lyon à Avignon réclament un supplément de prix de 7 millions.

Le traité à forfait avec devis descriptif a aussi l'inconvénient d'exposer à des procès souvent très-graves, lorsqu'il devient nécessaire d'apporter en cours d'exécution des modifications à des plans qu'il est bien difficile d'arrêter complétement. Ces modifications sont dans tous les cas payées fort cher à l'entrepreneur, et ont pour conséquence le surcroît de dépenses que l'on voulait éviter en traitant à forfait.

Pour le chemin de Bâle à Strasbourg, c'est le second mode de traité à forfait qui a obtenu la préférence.

Il ne présente cependant pas moins d'inconvénients que le précédent.

Quelles garanties offre-t-il en effet à la Compagnie, de la bonne exécution des travaux?

Toutes les fois qu'un chemin est construit à forfait par un entrepreneur unique, riche et tout-puissant, à qui les moyens ne manquent pas pour séduire les employés subalternes de la Compagnie, il est bien difficile, quelles que soient les conventions faites, d'échapper à la fraude, de se préserver des malfaçons, et cela devient pour ainsi dire impossible si le traité n'est pas accompagné d'un cahier des charges indiquant tous les travaux à exécuter et déterminant leur mode d'exécution.

La réception des chemins par les ingénieurs de l'État se fait ordinairement avec une indulgence excessive. Elle ne porte d'ailleurs que sur des ouvrages dont on ne peut visiter que l'extérieur. Que les terres composant un remblai glaiseux aient été imparfaitement desséchées, et qu'on ait négligé de les pilonner, que des conduits aient été mal établis, que la chaux employée pour la construction d'un travail en maçonnerie soit de mauvaise qualité, que les bois invisibles d'une charpente soient vicieux ou qu'ils aient été mal assemblés, les ingénieurs chargés de la réception des travaux ne peuvent pas évidemment s'en apercevoir.

L'entrepreneur, nous dira-t-on, garantit ses ouvrages pour une année, pour deux années même. Garantie illusoire ! L'expérience a prouvé que, sur la plupart des grandes lignes de chemin de fer, les éboulements des talus glaiseux, mal établis, ne s'étaient manifestés que trois ou quatre ans après l'ouverture du chemin ; et des ouvrages en maçonnerie ou en charpente, bien que manquant de solidité, peuvent résister plusieurs années de suite.

Le tracé des chemins de fer ne pouvant être déterminé à l'avance, puisque la Compagnie doit le soumettre à l'approbation de l'État, il arrive quelquefois que l'entrepreneur à forfait combat auprès du gouvernement les tracés proposés par la Compagnie, donnant toujours la préférence aux tracés les plus économiques de construction, tandis que la Compagnie recherche les plus productifs. Ce cas vient de se présenter pour le tracé du chemin de Blesme à Gray, aux abords de la ville de

Chaumont. Les raisons abondent par conséquent pour repousser les marchés à forfait.

On nous opposera peut-être encore, comme argument en faveur des marchés à forfait, l'exemple du chemin de Rouen construit à forfait avec le double avantage de la rapidité et de l'économie.

Nous répondrons que le marché passé pour l'exécution du chemin de Rouen n'est pas un véritable marché à forfait, puisque l'ingénieur en chef était libre d'accorder aux entrepreneurs toute indemnité qui lui paraissait équitable, et que les entrepreneurs acceptaient l'arbitrage suprême de cet ingénieur. Le conseil d'administration s'était, dans ce cas, tout simplement démis de son pouvoir en faveur de son ingénieur, avec lequel les entrepreneurs ont eux-mêmes traité de confiance. La Compagnie ne se trouvait en aucune manière garantie de tout mécompte par ce marché, et si l'on consulte le tableau des prix de revient, en se souvenant que le chemin de Rouen n'a pas été dans l'obligation de construire une tête de gare coûteuse comme celle d'Orléans, on reconnaîtra que les travaux, bien que moins solidement exécutés que ceux du chemin d'Orléans, n'ont pas été moins dispendieux.

Nous admettons, du reste, qu'un entrepreneur à forfait, débarrassé de l'intervention quelquefois tracassière d'un conseil d'administration, peut exécuter plus rapidement, et même, jusqu'à un certain point, plus économiquement que les ingénieurs d'une Compagnie, aidés de petits entrepreneurs; mais que l'on pèse les avantages des marchés à forfait, en les estimant à leur juste valeur, dans la même balance que leurs inconvénients, et nous ne doutons pas qu'on ne condamne, en définitive, comme nous le faisons, ce genre de traité.

Si, du reste, le traité à forfait doit être repoussé, c'est surtout lorsqu'il est proposé par les fondateurs d'une Compagnie à leurs associés, ces fondateurs devenant eux-mêmes entrepreneurs tout en restant administrateurs.

Quelque honnêtes que l'on suppose les administrateurs d'une

entreprise, il est impossible qu'ils se dérobent à l'influence qu'exercent sur eux des collègues plus adroits et plus expérimentés.

En Angleterre, on n'a généralement exécuté à forfait que des travaux partiels et assez limités. Il en a été de même en Belgique.

En Allemagne, les travaux de chemins de fer ont été exécutés sur séries de prix.

En France. l'administration des ponts et chaussées et la plupart des grandes Compagnies (Lyon, le Nord, Orléans, Strasbourg) ont adopté le système de l'entreprise sur séries de prix. La plupart des lignes exécutées à forfait (Bâle, Montereau, Lyon à la Méditerranée, Dijon à Besançon, Blesme à Gray) ont été pour une partie des administrateurs un objet de spéculation.

Le mode exclusivement adopté pour l'exécution des travaux par l'administration, en France, et par plusieurs Compagnies importantes, celles du Nord, d'Orléans, de l'Est, de Lyon et du Midi, a été celui sur séries de prix.

On convient alors avec les entrepreneurs de certains prix débattus pour chaque nature d'ouvrage. On leur paye, par exemple, un prix déterminé pour la fouille et charge d'un mètre cube de telle nature de terre ou de roche bien déterminée; pour la construction d'un mètre cube de maçonnerie en moellons; d'un mètre cube de maçonnerie en pierre de taille; du transport à une distance déterminée d'un mètre cube chargé en tombereau ou en wagon, etc., et on règle leurs comptes après estimation du travail exécuté.

L'établissement des séries de prix est alors une opération d'une grande importance, qu'il ne faut confier qu'à des ingénieurs expérimentés et connaissant bien les prix dans les localités où ils travaillent.

Le choix des entrepreneurs exerce une grande influence sur le succès du marché.

Les travaux étant exécutés sur séries de prix, convient-il de

les confier à un seul entrepreneur ou de les diviser entre un nombre plus ou moins grand d'entrepreneurs? C'est une question qui a été agitée dans le sein des conseils d'administration de plusieurs grandes lignes.

En général, il vaut incontestablement mieux partager les travaux entre plusieurs entrepreneurs. On peut, de cette manière, en faisant agir convenablement la concurrence, parvenir à une réduction dans les prix que l'on n'obtiendrait pas d'un entrepreneur unique. Le système d'un entrepreneur unique présente d'ailleurs une partie des inconvénients inhérents aux forfaits. La Compagnie des chemins de fer de l'Est a cru devoir néanmoins traiter, pour l'exécution du chemin de Paris à Mulhouse, avec un entrepreneur unique, parce que, obligée de construire le chemin dans un délai très-court, elle a pensé qu'elle atteindrait plus facilement ce but avec un entrepreneur intelligent et puissant, qui d'ailleurs lui était parfaitement connu, qu'avec plusieurs entrepreneurs moins expérimentés et moins bien outillés. Ajoutons que cet entrepreneur, désireux d'attacher son nom à ce grand travail, a consenti un rabais inespéré, différant peu de celui qu'offraient de petits entrepreneurs. Cette Compagnie n'eût probablement pas traité avec tout autre entrepreneur qui eût présenté moins de garanties et surtout qui n'aurait pas eu précédemment avec elle des relations aussi satisfaisantes. Nous devons aussi faire observer qu'elle a distrait de ce marché un certain nombre de travaux qui ne nécessitaient pas l'intervention d'un grand entrepreneur, tels que les maisons de gardes, les bâtiments des stations, les hangars, clôtures, etc.

L'État passe ordinairement les marchés par voie d'adjudication. Il obtient souvent de cette manière de grands rabais ; mais ces rabais sont parfois excessifs, et les entrepreneurs, ruinés, abandonnent les travaux. Les Compagnies choisissent leurs entrepreneurs, et fixent les prix avec eux à l'amiable. Il est reconnu aujourd'hui que ce dernier système est préférable au premier.

Écartant les entrepreneurs qui font des prix trop faibles, aussi bien que ceux qui en font de trop élevés, les Compagnies opèrent dans de meilleures conditions que l'État. Les travaux sont mieux exécutés, et souvent, tous comptes faits, ils sont moins coûteux.

Des moyennes du prix de construction des chemins de fer. — Il ressort suffisamment de l'examen auquel nous nous sommes livré précédemment, du prix de revient d'un certain nombre de chemins de fer, que l'on ne saurait avoir confiance dans les moyennes lorsqu'il s'agit de déterminer sérieusement la dépense d'établissement d'une grande ligne de chemins de fer.

Les moyennes, lorsqu'on ne leur attribue que leur juste valeur, n'en sont pas moins utiles pour fixer les idées dans les discussions générales, et même pour guider dans l'étude préalable rapide et que l'on est quelquefois obligé de faire de certains projets.

Nous avons vu que la moyenne des frais de construction était pour

Les chemins anglais, de.	530 000 fr.
Les chemins français, de.	391 000
Les chemins belges faits par l'État. . . .	270 000
Les chemins allemands, de.	201 000
Les chemins américains, de.	96 500

La moyenne pour les grandes lignes établies en France (Nord, Paris à Strasbourg, Paris à Lyon, Paris à Orléans[1], Paris au Havre, Lyon à la Méditerranée), est d'environ 463 000 fr.

La dépense s'est répartie à peu près de la manière suivante :

1. Le chemin d'Orléans à Bordeaux ayant été construit par l'État, nous manquons de renseignements sur le prix de revient.

Administration, frais généraux, etc.	17 000 francs.
Achats de terrain	65 000 »
Terrassements et travaux d'art	150 000 »
Bâtiments des stations, ateliers, etc.	48 000 »
Pour la double voie, y compris l'ensablement ainsi que les voies accessoires, plates-formes et changements de voie	122 000 »
Matériel d'exploitation	61 000 »
Total	463 000 francs.

Pour trois lignes de moindre importance, les chemins de Nancy à Sarrebruck, Metz à Thionville, Strasbourg à Wissembourg, en supposant la double voie posée, la dépense moyenne par kilomètre a été de 258 000 fr., répartis comme il suit :

Administration, frais généraux, etc.	10 000 francs.
Achats de terrain	37 000 »
Terrassements et travaux d'art	70 000 »
Bâtiments et ateliers	22 000 »
Pour la double voie, y compris l'ensablement ainsi que les voies accessoires, plates-formes et changements de voie	92 000 »
Matériel roulant	27 000 »
Total	258 000 francs.

En n'admettant qu'une seule voie, la dépense serait de 30 000 fr. moindre, soit de 228 000 fr.

Toutes les grandes artères, en France, sont exécutées ou sur le point de l'être, nous n'avons plus à estimer, comme l'a fait M. Jullien, ce que pourraient coûter de nouvelles lignes de cette importance; mais il reste encore un grand nombre de voies moins productives à établir. On peut les diviser en deux classes : les voies d'une importance à peu près égale à celle de la ligne de Paris à Mulhouse, et celles d'un produit un peu moins élevé, telles, par exemple, que les chemins de Blesme à Gray, Dijon à Besançon, etc., etc.

En admettant que celles de la première classe seraient établies avec des rails du poids de 37 à 38 kilog., comme les grandes artères à une seule voie, dans les conditions de pentes et de rayons de courbures généralement admises aujourd'hui (voir le chapitre du tracé), et celles de la seconde classe avec des rails

de 30 kilog. seulement, nous pensons que les chemins de la première classe ne coûteront généralement que 280 000 fr., soit :

En frais généraux, personnel, etc.	10 000 francs.
Terrains	35 000 »
Travaux de terrassements et travaux d'art, clôtures, haies vives	115 000 »
Bâtiments et ateliers	20 000 »
Voie simple ballastée, voies accessoires, d'évitement, de garage	70 000 »
Matériel roulant	30 000 »
Total	280 000 francs.

Ce prix est sensiblement plus élevé que le prix moyen des trois chemins de Nancy à Metz, Metz à Thionville et Strasbourg à Wissembourg, en supposant le prix d'une seule voie (228 000 fr.) ; mais il ne faut pas oublier que deux de ces chemins, ceux de Thionville et de Wissembourg, ont été établis dans des circonstances exceptionnellement favorables, les rails de ces chemins ayant été achetés à des prix très-faibles, et ceux du chemin de Wissembourg ne pesant que 30 kilogrammes, les travaux étant de peu d'importance et le matériel roulant n'étant calculé que pour un trafic inférieur à celui de Mulhouse. Le prix moyen ainsi établi est à peu près celui du chemin de Nancy à Metz.

Ceux de seconde classe coûteraient environ 210 000 fr. ainsi répartis :

Frais généraux et personnel	10 000 francs.
Terrains	25 000 »
Travaux d'art et terrassements	80 000 »
Bâtiments et ateliers	15 000 »
Voie simple ballastée, voies d'évitement, voies de garage et accessoires de la voie	60 000 »
Matériel roulant	20 000 »
Total	210 000 francs.

C'est à peu près le prix de revient des chemins allemands.

Nous avons supposé la dépense faite pour les achats de ter-

rains inférieure à celle admise pour les chemins de première classe, parce que nous avons admis que le pays traversé par le chemin de fer était moins riche, moins peuplé; celle pour les travaux d'art a été également réduite, dans l'hypothèse que l'on adopterait des pentes plus fortes et des rayons de courbures plus petits. Le matériel roulant a été proportionné au trafic présumé.

Nous terminerons ce chapitre en faisant observer qu'en créant le capital présumé nécessaire à la construction d'un chemin de fer, il ne faut pas oublier qu'un chemin ne doit pas être considéré comme entièrement terminé, parce que la voie a pu être livrée au public. Le capital des chemins de fer exploités ne s'est-il pas sensiblement accru depuis le jour de leur mise en exploitation, soit par suite d'accidents arrivés aux ouvrages d'art ou aux travaux de terrassements, accidents dont on ne saurait se garantir entièrement que par des dépenses excessives[1], soit aussi parce que l'exploitation fait naître des besoins imprévus d'agrandissement et d'amélioration?

Il ne faut pas, du reste, s'effrayer de l'énorme dépense qu'entraîne l'établissement des chemins de fer, quand on songe aux immenses produits de leur exploitation.

1. Si un ingénieur calculait toujours les dimensions de ses ouvrages de manière à éloigner toute chance d'accident, il risquerait de se jeter dans des dépenses excessives. Aussi doit-il, tout en restant dans des limites de solidité raisonnables, attendre pour exécuter certains travaux que le temps en ait démontré la nécessité. Dans la construction des canaux, par exemple, on ne cherche pas à rendre les talus étanches dès l'ouverture. Ce n'est que lorsque les fuites se manifestent que l'on y remédie.

CHAPITRE VI.

DES TRAVAUX DE TERRASSEMENT ET DES TRAVAUX D'ART.

Nous avons vu que les chemins de fer à grande vitesse, dans l'état du moins où se trouve la science aujourd'hui, doivent remplir deux conditions importantes : la première, de se développer, autant que possible, en ligne droite ou en suivant des courbes de très-grand rayon ; la seconde, de ne présenter que des pentes faibles.

Nous avons dit qu'on ne peut y satisfaire dans les pays accidentés qu'en exécutant de grands travaux de terrassement et de grands travaux d'art.

Les premiers, différant, si ce n'est par leur nature, du moins par leur importance, de ceux auxquels donne lieu la construction des routes ordinaires, nécessitent des moyens beaucoup plus puissants, surtout en ce qui concerne le transport des terres à de grandes distances. Aussi le chemin de fer est-il devenu pour ce genre d'opération son propre auxiliaire et a-t-on transporté les terres sur des chemins de fer provisoires avec des machines locomotives, comme on transporte sur le chemin définitif les voyageurs et les marchandises.

De là un art nouveau et sur lequel on pourrait publier un volume entier. Il n'entre pas dans notre plan de le décrire. Nous nous bornerons donc à une courte analyse des procédés et à de brèves réflexions sur les applications qui en ont été faites.

En Angleterre, il s'est formé, dès l'origine des chemins de fer, une classe d'entrepreneurs riches et habiles qui se sont adonnés spécialement aux grands travaux de terrassement, concentrant toute leur attention sur l'amélioration des procédés et sur

la formation de leur personnel, créant pour l'exécution un matériel spécial dont l'emploi leur était garanti pour un assez long avenir. Ces hommes, puissants par leurs ressources pécuniaires tout autant que par leur intelligence, ont apporté de grands perfectionnements dans la branche d'industrie dont ils s'occupaient.

Ces auxiliaires ont manqué aux ingénieurs qui ont construit les premiers chemins de fer aux environs de Paris. Ils ont été obligés de diriger en personne, presque sans intermédiaires, les premiers travaux de terrassement, pour lesquels il a fallu renoncer aux anciens procédés. Tout en se formant eux-mêmes à ce nouveau genre d'opérations, ils ont dû y former également leurs entrepreneurs, conducteurs, piqueurs et ouvriers. Les Compagnies ont dû fournir le matériel, et généralement, pour éviter une dépense trop onéreuse, elles ont été dans la nécessité de se servir de leurs rails définitifs pour les terrassements.

La construction du chemin de Rouen par une Compagnie anglaise a ouvert une ère nouvelle, et les ingénieurs des nouveaux chemins de fer se sont trouvés placés à cet égard dans de meilleures conditions que leurs devanciers.

D'habiles et riches entrepreneurs belges, MM. Parent, Schaken et Cie, ont exécuté la plupart des travaux du chemin de fer de Strasbourg, des lots très-importants sur les chemins du Nord et de Lyon, le chemin de Lyon à Avignon tout entier, et ils viennent d'être appelés à exécuter ceux du chemin de Paris à Mulhouse.

Cette organisation du travail, à laquelle on est conduit par l'expérience des Anglais en ce qui concerne non seulement les travaux préparatoires à l'exploitation, mais aussi ceux que nécessite l'exploitation elle-même, nous paraît être une des premières conditions de succès des entreprises futures.

Les terres provenant des tranchées sont portées sur l'axe du chemin pour composer les remblais, ou déposées à une distance plus ou moins grande des bords. Dans le premier cas, on travaille *par voie de compensation;* dans le second, *par voie*

de dépôt. On élève aussi des remblais avec des terres *empruntées* dans le voisinage : c'est ce qui s'appelle travailler *par voie d'emprunt*.

Le mode d'exécution par voie de dépôt et d'emprunt est toujours plus coûteux que celui par compensation, quand les distances auxquelles les terres doivent être transportées sur l'axe de la route ne sont pas considérables et que les terrains où l'on doit déposer les terres ou les emprunter ont quelque valeur; mais il peut l'emporter sur le second, même au point de vue de la dépense, quand ces distances deviennent très-grandes, et, dans tous les cas, il est fort expéditif. Aussi l'a-t-on appliqué au percement des tranchées et à la confection des remblais d'un grand nombre de chemins de fer, bien que, pour la construction des routes et des canaux, il n'en ait été fait usage que rarement.

La méthode des dépôts et des emprunts a d'ailleurs, pour l'exécution des chemins de fer, d'autres avantages que nous avons déjà signalés au chapitre du tracé.

La substitution, pour les terrassements, des wagons roulant sur un chemin de fer, aux tombereaux roulant sur le sol, oblige à modifier la disposition des ateliers de chargement et de déchargement. C'est dans les changements que nécessite cette disposition que se présentent les principales difficultés du travail au wagon.

Les tombereaux marchant isolément et sur le sol naturel peuvent se charger en un point quelconque de la tranchée et se diriger, par une infinité de routes différentes, vers les points de déchargement. Ils peuvent également se vider en un point quelconque du remblai. Les wagons, au contraire, qui marchent toujours par convois et sur des voies en fer, sont nécessairement chargés et déchargés à l'une des extrémités de ces voies ou sur le côté, l'atelier de chargement ou l'emplacement du remblai à exécuter ne devant pas être éloigné de la voie, et ils ne suivent que la route que leur tracent les rails.

Le tombereau, chargé dans la tranchée, est immédiatement

remplacé par un tombereau vide, presque sans perte de temps; la manœuvre, au contraire, pour remplacer un convoi chargé ou même isolé, exige toujours plusieurs minutes.

Ces seules observations suffisent pour montrer combien l'organisation des grands chantiers de terrassement au wagon doit différer de celle des chantiers de terrassement au tombereau; nous allons jeter un coup d'œil rapide sur celle que l'on adopte ordinairement.

Déblais. — Les tranchées ouvertes au tombereau sont attaquées en un grand nombre de points simultanément au moyen d'excavations qui en occupent toute la largeur et d'où les tombereaux extraient les terres par des rampes douces. Lorsqu'on veut employer les wagons, on commence par faire, suivant l'axe ou le long des talus de la tranchée projetée, une petite tranchée auxiliaire nommée *gullet* ou *goulet*, assez large pour

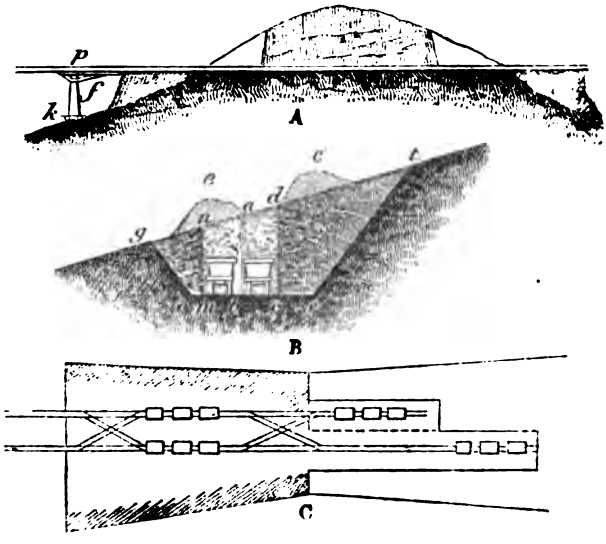
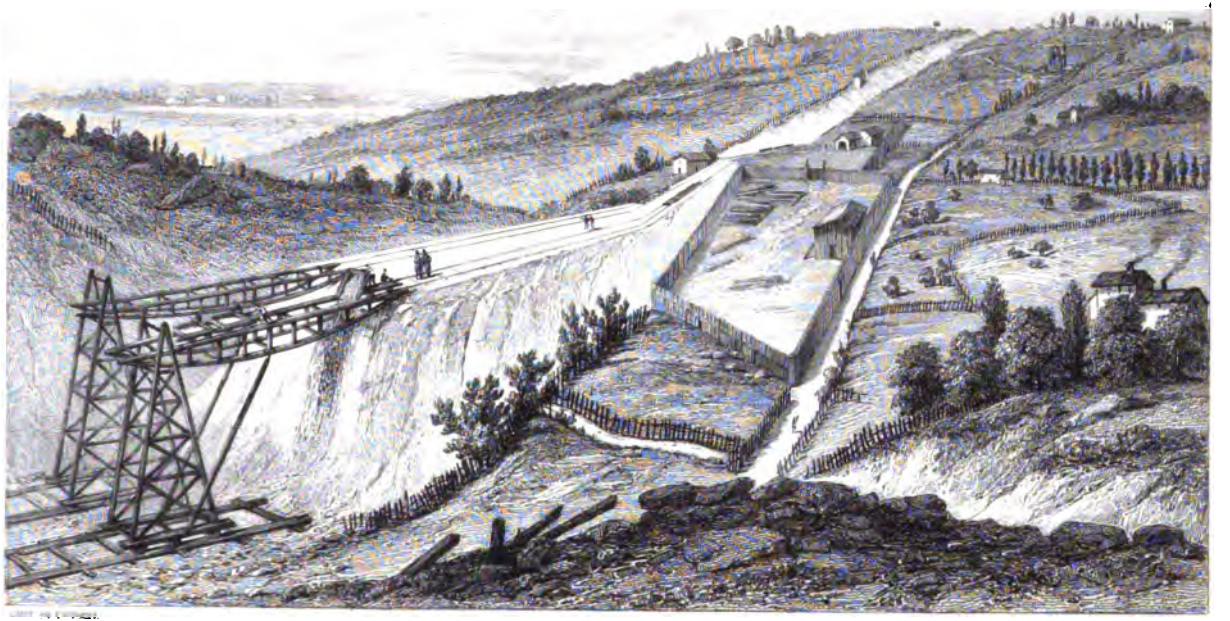


Fig. 11.

donner passage à un wagon et dont la profondeur varie avec les ondulations du sol. Il peut se présenter deux cas : ou la



Terrassement de la tranchée de Clamart
Chemin de fer de Paris à Versailles (Rive Gauche)

Pag 321

hauteur maxima de la tranchée définitive est peu considérable, 5 ou 6 mètres, par exemple, ou bien elle est beaucoup plus grande. Dans le premier cas, on donne au goulet toute la profondeur de cette tranchée, en sorte que le fond du goulet est aussi celui de la tranchée, comme nous l'avons indiqué fig. 11. Les parois, dans les terrains qui ne sont pas coulants, peuvent être verticales ou à peu près. Le fond doit avoir une pente descendante d'environ 3 millimètres vers son extrémité ouverte, pente qu'il faut toujours se donner, lors même que ce ne serait pas exactement celle de la tranchée définitive.

Les terres provenant du percement du goulet *a b c d* sont extraites à la brouette ou au tombereau, ou bien elles sont relevées à la pelle, sur les bords le long desquels on les dépose, en *cavaliers*, *e* et *e'*.

Le goulet étant ouvert sur une certaine longueur, on pose sur le fond une voie en fer que l'on prolonge jusqu'au point de déchargement sur le remblai. Cette voie, dans le goulet, a naturellement la pente du fond, c'est-à-dire 3 millimètres. Quant à la pente sur le remblai, elle dépend de la hauteur de ce remblai. Si cette hauteur n'est pas très-grande, comme nous l'avons supposé (fig. 11, A), on la pose sur la crête même du remblai en lui conservant la pente de 3 millimètres.

Des wagons roulant sur ce chemin de fer provisoire emmènent à l'extrémité du remblai, pour le prolonger, les terres composant les cavaliers, ainsi qu'une partie de celles que l'on abat en prolongeant le goulet et qui peuvent se charger dans les wagons voisins de l'extrémité fermée.

Le déchargement s'opère de deux manières différentes. Chaque wagon, après s'être vidé à l'extrémité du remblai, passe dans une gare d'évitement pour faire place au wagon suivant, ou bien on le pousse en avant sur un pont en charpente *p* (fig. 11, A) que l'on appelle pont de décharge.

Ce pont, représenté séparément (fig. 12), est composé de deux longuerines parallèles garnies de bandes de fer, qui font suite aux fils de rails de la voie et reposent, par une de leurs

extrémités, sur le remblai, et par l'autre sur une ferme F. Cette ferme elle-même repose sur un chariot K pouvant rouler

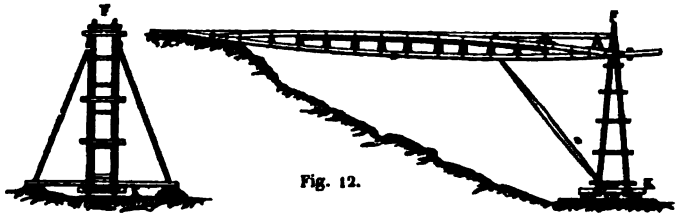


Fig. 12.

sur un petit chemin de fer provisoire posé sur le sol au bas du remblai. Les terres se déchargent entre les deux longuerines. Le pont doit pouvoir porter tout un convoi de wagons vides. Le déchargement de tout le convoi terminé, on ramène les wagons tous ensemble au point de chargement.

A mesure que le remblai se prolonge, on pousse le pont de décharge en avant en faisant rouler le chariot K, et on prolonge le petit chemin de fer qui porte ce chariot en détruisant la partie postérieure qui est recouverte de terre. On déplace également, de temps en temps, les changements de voie afin de faciliter les manœuvres.

Le déchargement, au moyen de ces ponts, se fait plus rapidement que dans le cas où les wagons vides sont ramenés dans une voie de garage; mais l'usage de ces ponts oblige à de plus grandes dépenses.

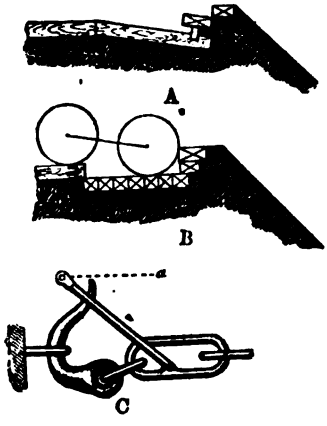


Fig. 13.

Dans les déchargements à l'anglaise, on ne se sert que de wagons déchargeant en avant.

A l'extrémité du remblai, les rails sont inclinés (fig. 13, A), et on y empile un certain nombre de traverses qui barrent le chemin.

Quand un train arrive au remblai, il est reçu dans une voie de garage; on attelle alors un

cheval à un des wagons au moyen d'une prolonge terminée par un crochet, tel que le représente la figure et combiné de manière qu'il se détache du wagon quand on tire la corde *a* (fig. 13, C).

On fait partir le cheval au trot, et, arrivé près de l'extrémité du talus, on détache la prolonge en tirant la corde *a;* le cheval se jette de côté hors de la voie, on lève en même temps le crochet qui fixe la caisse au train, et le wagon, brusquement arrêté par les traverses empilées, se porte en avant en vertu de la vitesse acquise; la caisse bascule et prend une inclinaison égale à celle que comporte la construction du véhicule, augmentée de l'inclinaison de la voie; les terres glissent et le déchargement se fait tout seul.

Quelquefois, afin d'augmenter l'inclinaison de la caisse au versement, on dispose à l'extrémité de la voie un gradin, comme l'indique la seconde figure 13, B.

Le déchargement se fait ainsi successivement pour chaque wagon.

En supposant en moyenne une distance de 150 mètres entre le garage et le déchargement, et admettant qu'un cheval au trot parcoure une distance de 5000 mètres par heure, le temps employé à l'aller et au retour sera de quatre minutes environ, et le déchargement proprement dit, consistant à relever le wagon et à redresser la caisse, étant d'environ une minute, le déchargement d'un wagon se fera en trois minutes.

On est arrivé à décharger par cette méthode et avec une seule voie cent cinquante wagons par jour, mais c'est une exception. Avec un bon matériel et de l'ordre dans le chantier, on peut faire cent vingt wagons. En général, on ne doit compter que sur cent wagons par jour.

Quand les voies de déchargement sont multipliées, elles se gênent un peu réciproquement. Avec deux voies, on peut compter sur cent quatre-vingts wagons; avec trois voies, sur deux cent quarante wagons par jour.

Une partie des cavaliers étant enlevée et portée en remblai, on attaque à droite ou à gauche du goulet une nouvelle tranche

a b m n (*fig.* 11. B), dont les terres sont versées dans les wagons, et on pose une seconde voie provisoire. Ces deux voies étant réunies par des voies obliques dans les deux directions, le déchargement peut se faire en même temps aux deux extrémités, et l'une ou l'autre peut servir à garer les wagons vides. Deux convois sont placés en même temps devant les fronts de chargement. On les envoie successivement à la décharge, et les ouvriers chargeurs, afin de ne pas rester désœuvrés au moment du départ de l'un des convois, passent sur des planches d'un côté à l'autre du goulet pour charger l'autre convoi.

Quand la tranche *a b m n* est enlevée sur une certaine longueur, on abat les massifs trapézoïdaux *g o m n* et *d c s t* de manière à compléter le percement de la tranchée sur toute sa largeur, et les terres provenant de ces massifs sont chargées dans les wagons circulant sur les deux voies provisoires posées dès l'origine, au moyen de brouettes, ou dans des wagons roulant sur de nouvelles voies auxiliaires posées latéralement. On trouve ordinairement plus économique d'employer les brouettes.

Un certain nombre de wagons versent leur contenu *debout* et servent à former le *noyau* du remblai; les autres versent *de côté* et sont employés à élargir ce noyau.

Si la tranchée est très-profonde et que le remblai ait une grande hauteur, on ne donne au goulet *a b d e* (fig. 14, A) qu'une partie de la hauteur de la tranchée. On descend les terres de la hauteur du goulet jusqu'à la crête du remblai sur une voie inclinée reposant sur un massif le long de l'un des talus *v v'* (fig. 14, B). Comme le remblai a souvent une grande hauteur, on le monte en deux assises. Une partie des terres servant à composer l'assise supérieure *x y r z* est portée à l'extrémité de cette assise sur une voie établie à la crête, et une autre partie servant à composer l'assise inférieure *x' r' z* par une voie inclinée *v''* descendant le long du talus de l'assise supérieure.

Le goulet *a b d e* (fig. A) étant parvenu à une certaine distance de son extrémité ouverte, et une partie des massifs latéraux étant enlevée de manière que la tranche inférieure de la

tranchée *n i g p*.... soit découverte dans toute sa largeur sur une certaine longueur, on ouvre dans la tranche inférieure un

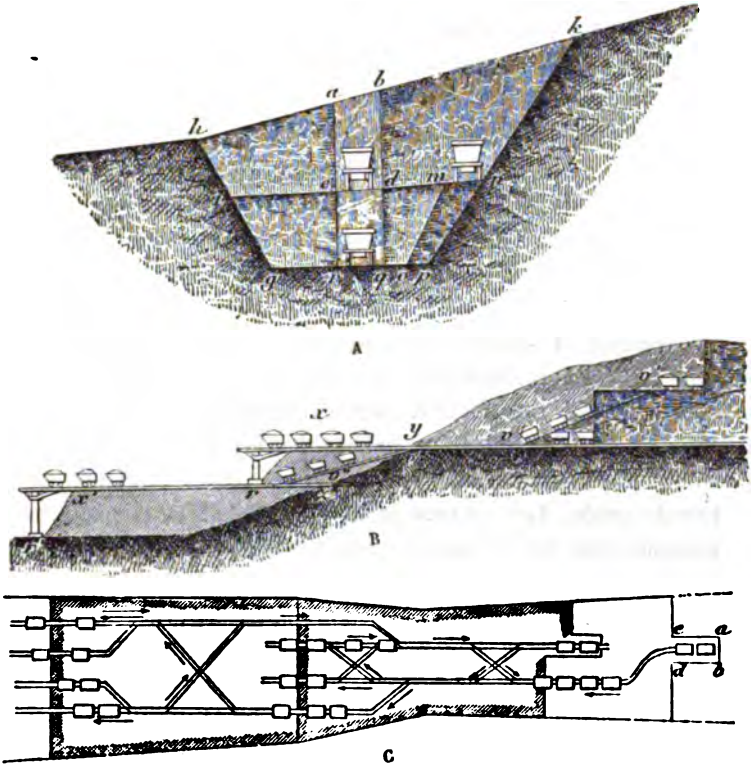


Fig. 14.

second goulet en arrière du premier jusqu'au fond de la tranchée. Ce second goulet sert à exploiter la tranche inférieure *n i g p*, comme le goulet supérieur à exploiter la tranche supérieure *h i n k*.

On laisse subsister le massif *m n o p*.... qui soutient la voie inclinée servant à descendre les terres de la tranche supérieure jusqu'à ce que cette tranche soit entièrement exploitée.

Les figures B et C indiquent la disposition des voies dans la

tranchée et sur le remblai. On y voit que le nombre des points de déchargement est de deux à l'extrémité de l'assise supérieure, et de quatre à l'extrémité de l'assise inférieure. Le cube des terres versées aux extrémités de chacune des assises doit être tel que ces deux assises s'accroissent en même temps de longueurs égales.

Il est évident que l'on peut se donner à volonté l'inclinaison des voies provisoires posées sur le talus de la tranchée ou sur celui du remblai. En portant cette inclinaison à plus de 2 centimètres par mètre on peut remonter, dans le système des plans automoteurs, les wagons vides à l'aide des wagons pleins qui descendent. On évite ainsi la dépense d'un moteur; mais la construction et surtout l'entretien de ces plans automoteurs sont fort coûteux. Quand on les répare, il faut interrompre le service, ce qui réduit à l'inaction un grand nombre d'ouvriers; enfin ils occasionnent fréquemment des accidents; aussi préfère-t-on généralement ne donner à la voie que 7 ou 8 millimètres de pente. Les wagons pleins descendent alors par l'impulsion seule de la gravité avec une grande vitesse, et les wagons vides sont remontés par des chevaux.

Sur le chemin de Strasbourg on a percé un grand nombre de tranchées à l'aide des wagons et le service s'est toujours fait avec des chevaux.

La principale difficulté à vaincre dans les travaux de terrassement au wagon consiste à établir l'harmonie entre la fouille des terres, leur chargement et leur déchargement, de telle manière que les ouvriers perdent le moins de temps possible. Un des meilleurs moyens d'y parvenir est d'employer simultanément le mode d'exécution par compensation et celui par voie de dépôt et d'emprunt.

Les travaux par voie de dépôt et d'emprunt, dont on peut diminuer ou augmenter l'activité sans inconvénient, servent à fournir de l'occupation aux ouvriers lorsqu'ils ne peuvent être employés au percement de la tranchée, au chargement ou au déchargement des wagons.

Lorsque les terres des massifs latéraux au goulet sont transportées dans les wagons au moyen de brouettes, il est très-important d'employer les brouettes généralement en usage en Angleterre et représentées fig. 15. Elles se déchargent beaucoup plus facilement dans les wagons que les brouettes françaises.

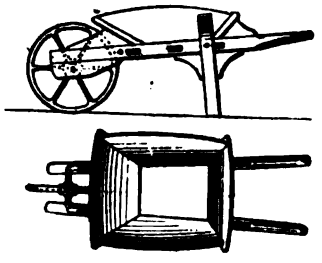


Fig. 15.

La fig. 16 représente un wagon de terrassement. La caisse se renverse comme celle d'un tombereau, tantôt sur le devant entre les roues, tantôt sur le côté par-dessus les roues.

Les principales conditions à remplir dans la construction des wagons de terrassement peuvent se résumer de la manière suivante :

1° Éviter que le bord supérieur de la caisse se trouve à plus de $1^m,60$ au-dessus des rails afin que les ouvriers puissent le charger à la pelle sans trop d'efforts;

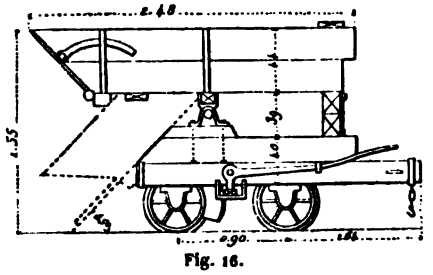


Fig. 16.

2° Faire en sorte que les caisses versent sous un angle assez grand pour que les terres glaises humides puissent couler facilement sur le fond lorsque la caisse est renversée;

3° Répartir autant que possible le poids également sur les quatre roues;

4° Répartir le poids de la caisse chargée à droite et à gauche de l'axe de bascule, de manière à ce qu'il soit un peu moins considérable du côté de la porte que de l'autre;

5° Conserver aux roues un diamètre assez grand pour qu'elles

puissent passer facilement par-dessus les pierrailles et les autres obstacles qui souvent obstruent la voie, et qu'il ne soit pas trop difficile de les mettre en mouvement;

6° Faire en sorte que la terre soit lancée, au moment du renversement de la caisse, à une certaine distance du wagon.

C'est afin de remplir cet ensemble de conditions que l'on a imaginé le wagon représenté fig. 17, dans lequel l'angle de

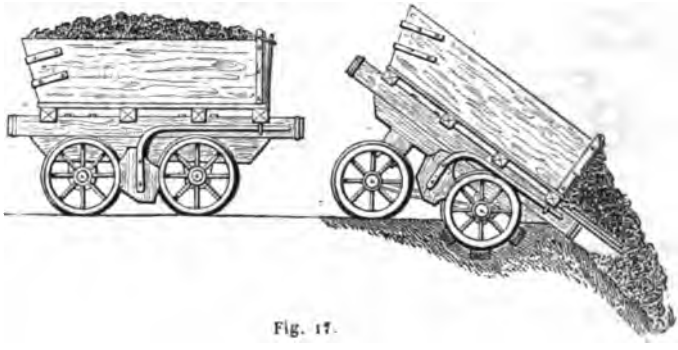


Fig. 17.

chute est augmenté par une espèce d'ornière artificielle dans laquelle tombent les roues d'avant du wagon à décharger.

On se sert aussi de brouettes pour charrier les terres déposées sur les bords de la tranchée. Les Anglais emploient en pareil cas un mécanisme fort ingénieux afin de diminuer la fatigue de l'ouvrier qui est obligé de monter la charge sur la rampe souvent très-inclinée des talus.

Ce mécanisme est représenté fig. 18.

On sait que la nature des véhicules et des moteurs employés pour le transport des terres varie dans certains cas. Pour de faibles distances on se sert exclusivement de brouettes; pour une distance plus considérable on trouve avantageux d'y substituer le tombereau attelé d'un seul cheval.

Si la distance augmente encore, le tombereau à deux chevaux remplace celui à un cheval; puis viennent les wagons traînés par des chevaux; puis enfin les wagons traînés par des

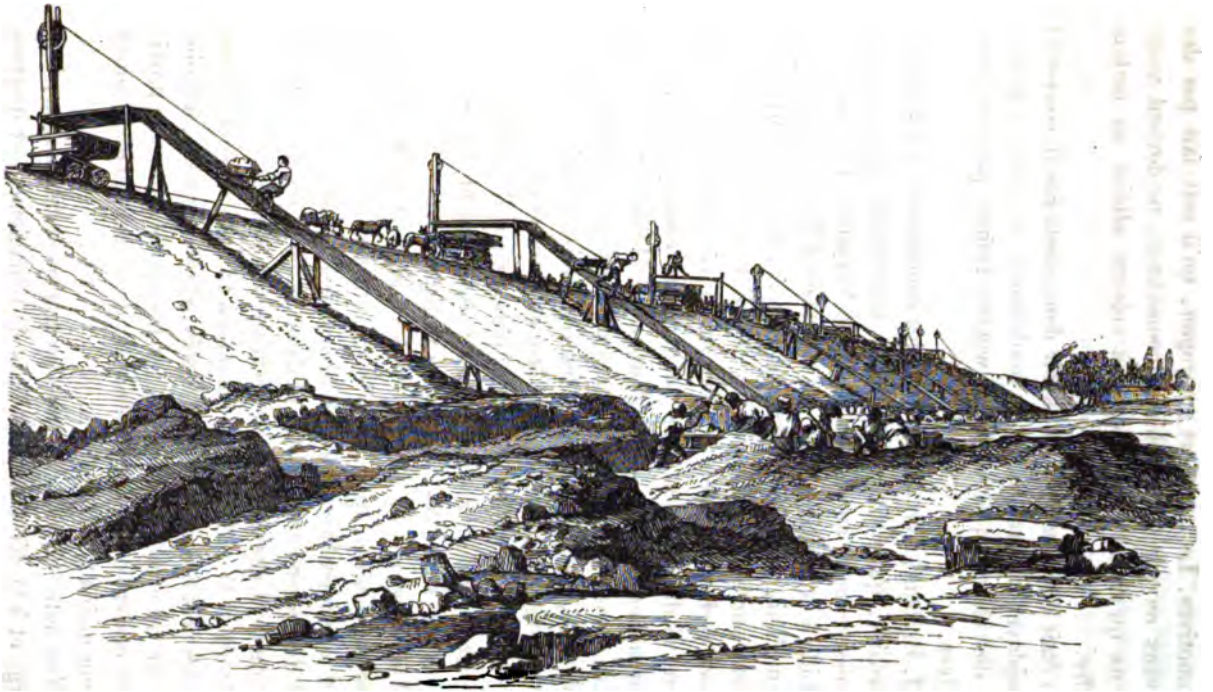


Fig. 18. *Chantiers de terrassements anglais.*

locomotives. Le transport au wagon, qu'il soit fait par des chevaux ou par des machines locomotives, ne devient avantageux qu'autant que le cube à enlever atteint un certain chiffre.

Il était donc curieux de savoir dans quels cas il convenait d'employer les brouettes, les tombereaux, les wagons traînés par des chevaux, et enfin les wagons traînés par des locomotives.

M. Brabant, l'un des plus habiles conducteurs des ponts et chaussées, qui a dirigé de grands travaux de terrassement, successivement, au chemin de fer de Versailles (rive gauche), de Lille à la frontière belge, et d'Orléans à Bordeaux, et qui, aujourd'hui, remplit les fonctions d'ingénieur chef d'arrondissement sur les chemins de fer de l'Est, s'est livré à de curieuses recherches, dont il a exposé les résultats dans un Mémoire inédit qu'il a bien voulu nous communiquer. Les paragraphes suivants sont extraits de ce Mémoire :

Les transports par les moyens ordinaires, la brouette et le tombereau, n'exigeant que des frais d'établissement peu élevés, et qu'un matériel susceptible d'être employé sur tous les chantiers et même pour les usages les plus divers, il en résulte que les prix à appliquer sont toujours sensiblement les mêmes, quelles que soient les quantités à transporter.

Il n'en est pas de même pour les transports en wagon sur voies provisoires, parce qu'ils exigent des frais d'établissement considérables, qui sont bien loin de croître dans le rapport du volume transporté, et dans lesquels on ne peut rentrer qu'avec des cubes d'une certaine importance.

Il suit de là que, plus les volumes à transporter sont faibles, plus les prix de transport sont élevés, et que par suite, à moins d'avoir un matériel sur place, les transports par voies provisoires cessent d'être praticables pour des cubes qui n'atteignent pas au moins 25 000 mètres.

D'un autre côté il y a, avec les transports au wagon, à la charge et à la décharge, des frais de remaniement et diverses

mains-d'œuvre qui n'existent pas pour les autres modes de transport, et qui s'élèvent de 20 à 25 fr. par mètre cube. A cette dépense il faut ajouter celle des wagons, des changements de voies et quelquefois d'autres appareils dont on a besoin sur les points de chargement et de déchargement. Tous ces frais, étant indépendants des distances parcourues, il s'ensuit que, pour de faibles distances, les transports au wagon coûtent plus que ceux au tombereau.

Les distances minima, variables suivant les volumes à transporter, peuvent descendre pour des cubes de 25 000 à 500 mètres, et pour des cubes de 100 000 mètres à 300 mètres.

Quoi qu'il en soit, il arrive souvent que les transports au tombereau étant impraticables, soit à cause de la nature ou de la position du sol, soit à cause de la saison, on est conduit à avoir recours au transport au wagon pour des volumes et pour des distances fort au-dessous de celles qui sont indiquées ci-dessus comme un minimum.

Il suit de la multiplication des éléments qui doivent entrer dans le calcul des transports au wagon, dans différents cas, et de la complexité de quelques-uns, que les formules ne peuvent être rigoureusement établies que pour des cas spéciaux et qu'après une estimation préalable des frais de toute espèce, et notamment de ceux de matériel, pose de voies, dépose et repose, etc.

Aussi, les formules établies par plusieurs ingénieurs placés dans des conditions diverses, ne sont-elles pas exactement semblables. Néanmoins, les différences ne sont pas tellement grandes, que M. Brabant n'ait jugé utile de prendre la moyenne des résultats que lui ont fournis trois de ces formules, pour déterminer au moins par approximation les cubes et les distances moyennes pour lesquels les différents modes de transport deviennent avantageux.

Le tableau suivant est extrait d'un tableau beaucoup plus complet qu'il a donné.

DÉPENSE POUR LE TRANSPORT D'UN MÈTRE CUBE DE TERRE OU DE BALLAST PESANT ENVIRON 1600 KILOGRAMMES.

A UNE DISTANCE DE	A LA BROUETTE.	SUR TERRAIN NATUREL.		SUR VOIES PROVISOIRES.		SUR VOIES DÉFINITIVES.	
		AU CAMION	AU TOMBEREAU	AU WAGON		CUBE DE 20 000m au wagon traîné par des locomotives.	
		traîné par des hommes.	traîné par des chevaux.	traîné par des chevaux au pas.	traîné par des locomotives, vitesse de 12 kilomètres à l'heure.	Tout compris.	Dépense des voies non comprise.
m.							
50	0,225	0,225	»	»	»	»	»
100	0,450	0,350	0,420	0,545	0,596	0,460	0,455
140	0,630	0,450	0,468	0,563	0,610	0,464	0,457
160	0,720	0,500	0,492	0,572	0,618	0,466	0,456
200	0,900	0,600	0,540	0,590	0,632	0,471	0,460
300	»	0,850	0,660	0.635	0,668	0,480	0,465
500	»	1,350	0,900	0,725	0,740	0,500	0,475
800	»	2,100	1,260	0,860	0,848	0,530	0,490
1,000	»	2,600	1,500	0,950	0,920	0,550	0,500

Il résulte de ce tableau :

1° Qu'à la distance de 100 mètres, le camion traîné par des hommes est déjà préférable à la brouette, et qu'il commence à le devenir à la distance de 60 mètres.

2° Que les tombereaux traînés par des chevaux deviennent préférables aux camions traînés par des hommes à la distance de 160 mètres seulement. A cette même distance, la locomotive elle-même, sur voies définitives, devient préférable au tombereau, pourvu, toutefois, que le cube à enlever soit au moins de 20 000 mètres.

3° Qu'à une distance de 300 mètres, le cube à enlever étant d'au moins 100 000 mètres, l'usage des wagons traînés par des chevaux sur voies provisoires devient plus économique que celui des tombereaux.

4° Que la locomotive sur voies provisoires ne doit remplacer les chevaux qu'à la distance de 6 à 700 mètres.

Les calculs de M. Brabant ont été faits dans la supposition de wagons portant 2 mètres cubes, et du prix de 12 fr. pour tombereau attelé de 2 chevaux.

Le temps perdu à la charge et à la décharge étant de 15 minutes, et les 2 chevaux pouvant traîner 0,6666... en parcourant 3000 mètres par jour.

Nous donnons aux documents les formules de M. Brabant, accompagnées de renseignements fort intéressants sur l'usure des rails employés pour les terrassements.

Les limites indiquées plus haut n'ont rien de bien absolu, parce que les circonstances, et notamment les frais d'établissement résultant de l'adoption d'un mode de transport quelconque, obligent à ne faire, sous ce rapport, que le moins de changements possibles.

C'est ainsi que, pour des transports à des distances assez grandes pour faire usage de locomotives, on commence souvent à s'en servir à de très-faibles distances, qui rendent leur emploi onéreux, parce qu'il serait encore plus onéreux de monter un service de chevaux qu'il faudrait faire disparaître très-peu de temps après.

En général, pour obtenir un minimum dans les dépenses, il faut, quand les modes de transport offrent de l'incertitude sous le rapport des dépenses, ne les entreprendre qu'après s'être éclairé au moyen d'estimations différentes, toutes suivant les modes de transport jugés les plus économiques.

Les plus grandes tranchées connues sont : la tranchée de Tring sur le chemin de Birmingham cubant 1 100 000 mètres, celle de Gadelbach sur le chemin d'Ulm à Augsbourg cubant 1 000 000 de mètres ; celle de Tabatsofen, qui a fourni 860 000 mètres cubes de déblai ; la tranchée de Cowran, sur le chemin de Carlisle, dont on a extrait 700 000 mètres cubes ; celle de Blisworth, sur le chemin de Birmingham, cubant 620 000 mètres ; celle de Pont-sur-Yonne, au chemin

de Lyon, cubant 470 000 mètres; celle de Poincy, au chemin de Strasbourg, cubant 500 000 mètres, et la tranchée de Clamart, sur le chemin de Versailles (rive gauche), dont le cube était environ de 400 000 mètres.

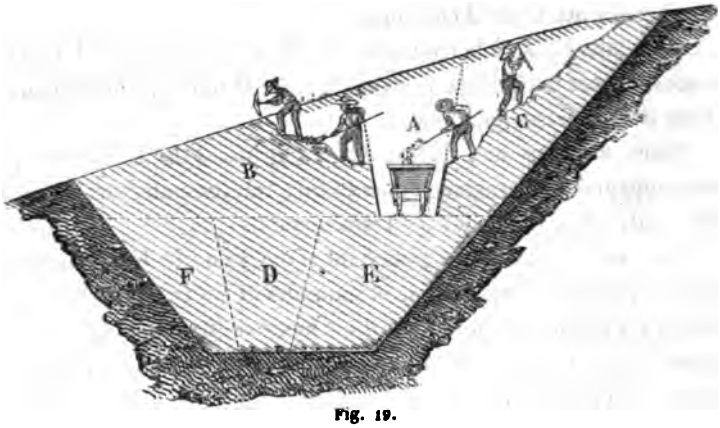


Fig. 19.

La figure 19 représente une coupe des travaux de la tranchée de Clamart. Après avoir percé le goulet A en retroussant les terres, on a enlevé les terres en B et C sur une certaine longueur, puis on a ouvert le goulet D et enlevé les terres en F et en E. Le remblai a été fait en deux assises; on a descendu les terres de A, B et C au niveau supérieur du remblai au moyen d'un plan automoteur établi dans la tranchée, et du niveau supérieur du remblai à celui de la tranchée inférieure au moyen d'un second plan automoteur placé sur le remblai On est parvenu à extraire, par une seule extrémité de cette tranchée, à transporter à près d'une demi-lieue de distance et à décharger en remblai, près de 2000 mètres cubes pendant les grands jours d'été.

En général, on ne dépasse guère la moyenne de 2000 mètres cubes par jour, en sorte qu'une tranchée cubant 400 000 mètres et pouvant être attaquée en même temps aux deux extrémités, n'exigerait pas plus d'une campagne pour son complet achèvement, même sans effectuer de dépôts, tandis que les travaux pour ouvrir la seconde et la troisième des tranchées dont nous venons de parler ont duré plusieurs années.

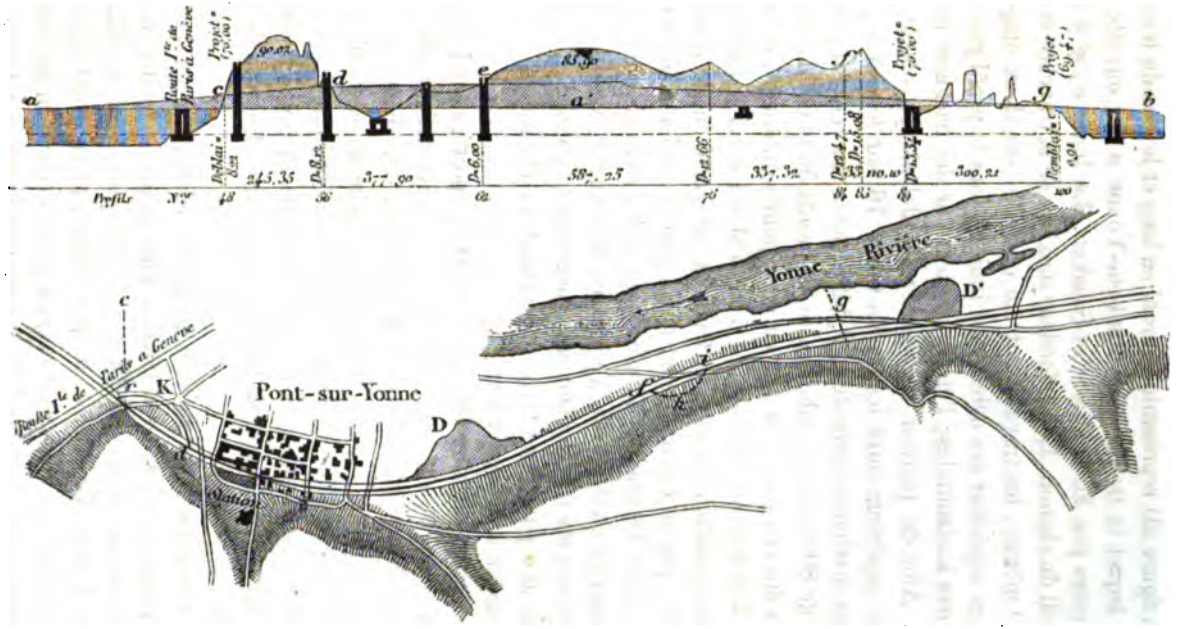


Fig. 20. *Tranchée de Pont-sur-Yonne.*

La figure 20 représente le profil en long et le plan du terrain dans lequel la tranchée de Pont-sur-Yonne a été ouverte en 480 jours par MM. Parent et Schaken. La ligne *a*, *a'* *b* est le profil du chemin. La profondeur maxima de la tranchée étant de 20 mètres, les travaux ont été exécutés sur deux étages. L'étage supérieur des déblais est indiqué dans le profil par des hachures horizontales; l'étage inférieur par des hachures inclinées. Afin de pouvoir transporter les déblais provenant de l'étage supérieur entre les profils 62 et 76 sur le remblai de gauche (hachures verticales), il fallut élever un remblai provisoire de 8000 mètres cubes entre les profils 56 et 62. La tranchée a été attaquée à la fois en cinq points différents, *c d e f* et *g*. Les terres extraites ont donc d'abord servi à former le remblai auxiliaire, puis l'excédant a été porté sur le remblai d'aval *a* par un chemin de fer *d* K *r* que l'on a établi en grande partie dans les anciens fossés de la ville, qui suivaient cette direction et qu'il a suffi d'agrandir. Les terres extraites en *c* et en *e* ont été directement emmenées sur le remblai *a;* néanmoins une partie des terres provenant du chantier *e* ont été retroussées à la brouette en D.

Les terres extraites en *f* et en *g* ont été portées sur le remblai d'amont *b*, celles du chantier *g* en suivant l'axe du chemin, celles du chantier *f* en passant par un chemin de fer *f h i*, établi sur le flanc du coteau à gauche du chemin entre les profils 85 et 89 et dans un petit souterrain auxiliaire de 45 mètres de longueur (entre les profils 84 et 85), et reliant l'axe du chemin avec la tranchée auxiliaire des profils 85 et 89.

Le remblai *a* a été exécuté en deux assises, afin qu'il conservât assez de largeur à la crête pour recevoir quatre voies nécessaires au déchargement des déblais provenant des chantiers *c d* et *e*. Le remblai *b*, par contre, ne recevant que les terres des deux chantiers *f* et *g*, a pu être élevé en une seule couche; néanmoins il a fallu porter une partie des terres en dépôt D'. Ce dépôt a été exécuté au wagon.

Le cube maximum de terre fouillée et enlevée a été de 2850 mètres en un jour; la distance moyenne de transport était de 1800 mètres, la distance maxima de 3500 mètres.

Assèchement des tranchées.—Souvent les talus des grandes tranchées s'éboulent inopinément et recouvrent les voies. Cet accident est un des plus graves que présente la construction des chemins de fer. Il est à redouter surtout dans les terrains qui renferment des couches glaiseuses intercalées dans des couches perméables. Dans ces circonstances, l'eau qui traverse les terrains perméables forme une nappe au-dessus de la glaise imperméable, et la surface mouillée devient lisse et savonneuse. Si cette surface est fortement inclinée, les terres du talus d'amont glissent. Le mouvement, une fois commencé, s'étend à de très-grandes distances, et l'on est souvent obligé d'abandonner le tracé et de changer la direction du chemin; c'est ce qui est arrivé au chemin d'Orléans pour la tranchée d'Ablon, et au chemin de Strasbourg pour celles de Voussy et de Champigneulle.

On a cherché à prévenir les glissements en desséchant les couches glaiseuses, en donnant une faible inclinaison au talus d'amont et en soutenant le pied de ce talus. Les figures 21, 22 et 23 représentent les travaux exécutés sur divers chemins de fer pour parvenir à ce résultat.

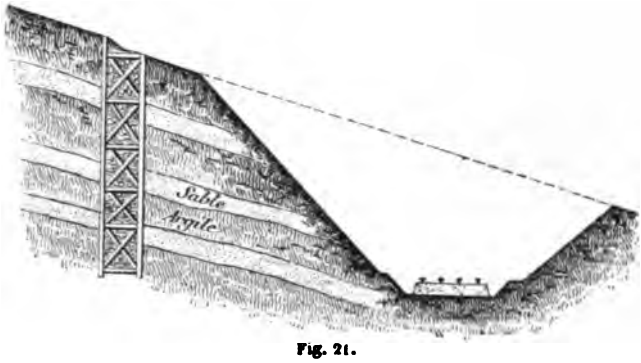


Fig. 21.

La pierrée, ou canal rempli de pierres concassées (fig. 21), laisse toutes les eaux venant d'amont qui pourraient attaquer

le talus. Ces eaux s'écoulent par les extrémités de la pierrée. *Ce moyen est bon, mais coûteux.*

Le mur en pierres sèches M (fig. 22) soutient le talus tout en laissant filtrer les eaux qui descendent vers le fossé. Il s'appuie sur la banquette *b*, et, de distance en distance, le pied du talus est consolidé par de petites voûtes V.

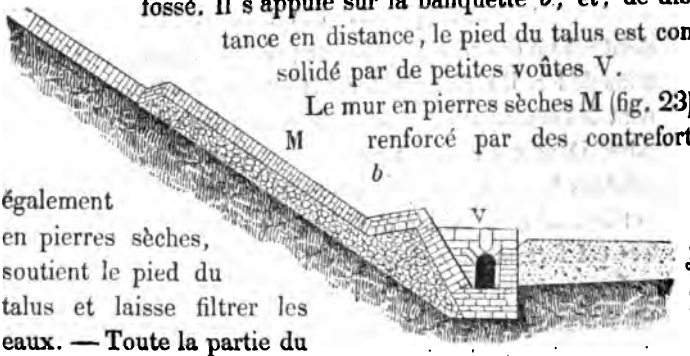


Fig. 22.

Le mur en pierres sèches M (fig. 23), renforcé par des contreforts également en pierres sèches, soutient le pied du talus et laisse filtrer les eaux. — Toute la partie du talus qui se compose de glaise a une inclinaison très-faible de trois de base sur un de hauteur; il est en outre protégé par une couche de bonne terre gazonnée avec soin.

Le mur en pierres sèches M (fig. 24) soutient le pied du talus et laisse couler les eaux; les épis en pierres sèches E E' livrent passage aux eaux et divisent le talus en masses indépendantes K K composées de bonnes terres pilonnées et maintenues en place par le frottement. Ce procédé a été employé pour réparer un talus qui s'était éboulé. La ligne *mm* représente la coupe du talus après l'éboulement et avant la réparation.

Ces différents moyens sont extrêmement coûteux, et leur emploi ne préserve pas toujours des éboulements qui se manifestent souvent plusieurs années après l'ouverture du chemin.

En examinant attentivement ces éboulements, et en remarquant que souvent ils avaient lieu sur le talus d'aval de la tranchée, M. de Sazilly, ingénieur des ponts et chaussées, fut conduit à les attribuer, dans le plus grand nombre de cas, à d'autres causes qu'à de simples glissements; en conséquence,

Viaduc du Bas Meuse
Chemin de fer de Paris à Strasbourg

Pag. 398

il proposa et appliqua sur les chemins du Centre et de Strasbourg une nouvelle méthode de consolidation des talus. Nous allons indiquer en quelques mots les procédés que cet ingénieur a décrits avec beaucoup de détails dans un mémoire inséré dans les *Annales des ponts et chaussées*, année 1851.

Les couches de glaise mises

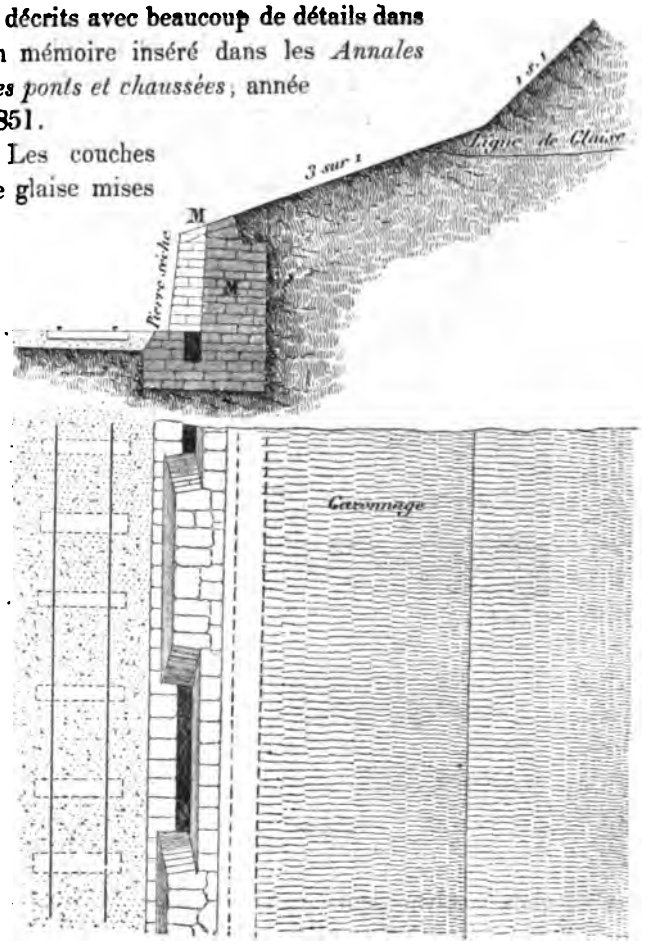


Fig. 23.

à nu par l'ouverture de la tranchée sont soumises aux influences atmosphériques; elles changent incessamment de volume en se gonflant et se contractant suivant que l'atmosphère est

humide ou sèche. Il en résulte, dans la masse, des gerçures plus ou moins profondes qui donnent accès aux eaux de pluie et d'infiltration ; la couche glaiseuse se pénètre complétement et finit par se ramollir au point de perdre toute sa cohésion. Cette altération du terrain est encore favorisée par les gelées qui, en bouchant les issues des eaux d'infiltration, forcent ces eaux à pé-

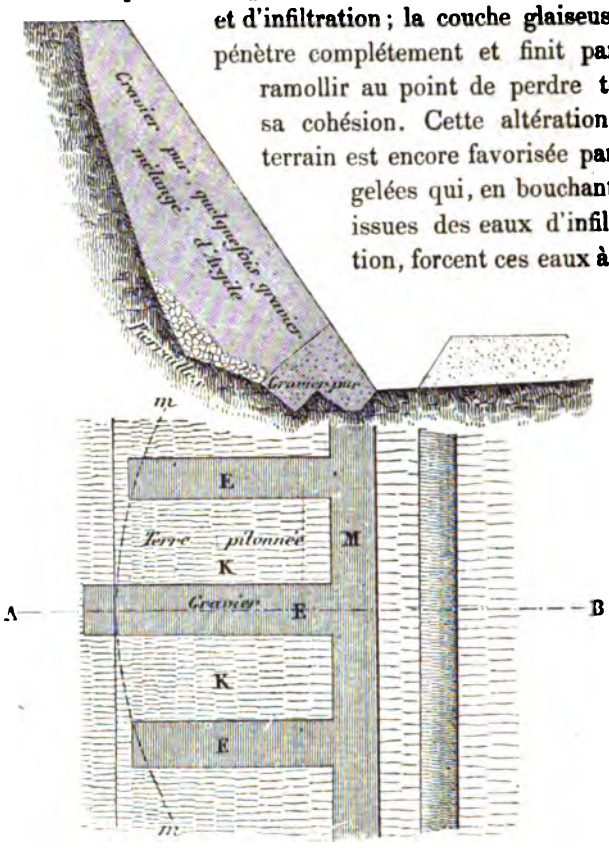


Fig. 24.

nétrer les glaises suivant leurs fissures et plans de clivage. La forme *s s* (fig. 25) qu'affectent les éboulements confirme en tous points les hypothèses de M. de Sazilly. — En effet, ce ne sont pas seulement les terrains supérieurs à la glaise qui se déplacent, mais aussi la glaise elle-même, ce qui n'aurait pas lieu s'il y avait un simple glissement.

Partant des bases que nous venons d'indiquer, M. de Sazilly a recouvert les talus glaiseux des tranchées d'une chemise assez épaisse pour les soustraire aux influences atmosphériques ; il a également détourné les nappes souterraines en leur assurant vers les fossés un écoulement prompt et constamment libre, quelle que soit la température extérieure.

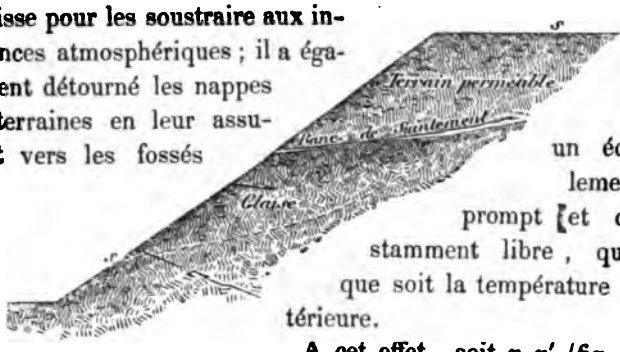


Fig. 25.

A cet effet, soit *n n'* (fig. 26) une nappe d'eau (banc de suintement) qui se fait jour dans le talus A B, on ouvre dans ce talus et dans le sens longitudinal de la tranchée une petite rigole *a b c d* qui pénètre jusque dans la masse glaiseuse. On donne au fond de cette rigole une pente d'environ 0m,01 par mètre, en suivant, autant que possible, les inflexions du banc de suintement, et l'on y établit un radier en briques et mortier hydraulique ; puis on la remplit de cailloux bien lavés et on la recouvre avec des gazons ou avec des pierres plates.

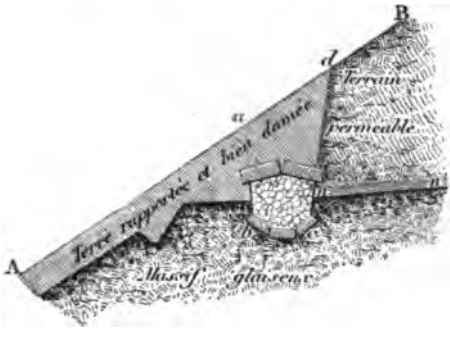


Fig. 26.

A chaque point bas de la rigole longitudinale, on donne écoulement aux eaux qui s'y accumulent au moyen d'une rigole transversale K *g* (fig. 27) qui aboutit dans une cuvette rampante en maçonnerie établie sur le talus, ou au moyen d'une pierrée établie sur la pente même du talus et débouchant dans le fossé. S'il existe

plusieurs bancs de suintement, on établit une pierrée pour chacun d'eux (fig. 28).

Le fossé et le pied du talus sont revêtus en moellons; au-dessus, ce talus est taillé par redans, et recouvert d'une couche de terre bien damée et protégée par un semis. Le fond des redans doit être réglé avec pentes longitudinales, et leurs points bas, qui ordinairement correspondent à ceux des pierrées, sont mis en communication avec le fossé.

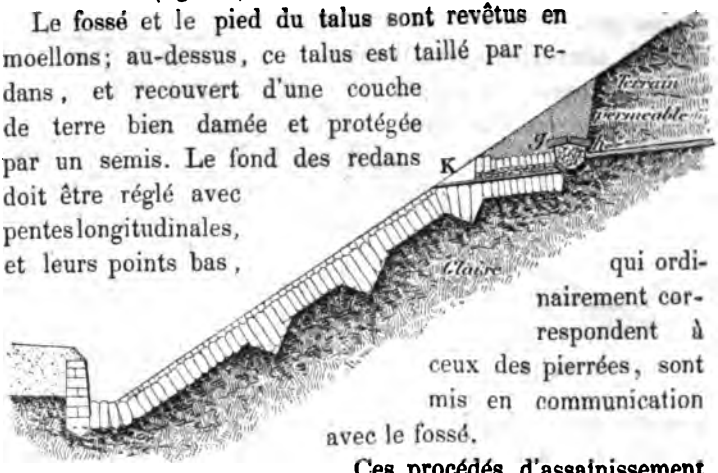


Fig. 27.

Ces procédés d'assainissement ont parfaitement réussi jusqu'à présent toutes les fois qu'ils ont été complets. Outre leur efficacité, ils présentent l'avantage d'être beaucoup moins coûteux que les anciens travaux établis dans le même but. A la tranchée de Gagny, sur le chemin de Strasbourg, les murs de soutènement avec contreforts en pierres sèches (fig. 23) sont revenus à 240 fr. le mètre courant, tandis que les talus assainis par la méthode de M. de Sazilly n'ont coûté, dans la même tranchée, que 100 fr. Le temps peut seul nous apprendre si les pierrées qui, dans le système de M. de Sazilly, donnent écoulement aux eaux, ne sont pas exposées à s'engorger. Au chemin de Strasbourg, des talus desséchés de cette manière, il y a déjà cinq années, se sont parfaitement maintenus. Cette expérience paraîtra peut-être suffisante.

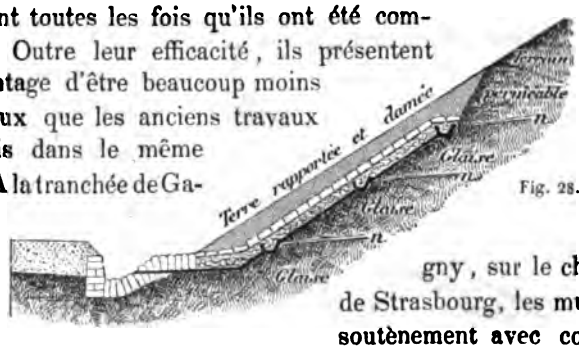


Fig. 28.

Au chemin de Strasbourg à Vissembourg, qui fait partie du réseau de l'Est, M. de Regel, ingénieur en chef, a appliqué avec un grand succès la méthode Sazilly au desséchement des talus de plusieurs tranchées; mais il a été conduit, dans la plupart des cas où les eaux entraînaient la couche de sable et produisaient de grands éboulements avant qu'on ait pu établir les pierrées, à modifier le procédé en ce sens qu'il soutenait provisoirement le terrain au moyen de fascines remplies de gravier qui servaient à le maintenir tout en donnant écoulement aux eaux.

En un certain point de ce chemin, à la tranchée de Soultz, une masse considérable de terrain reposant sur un banc incliné de glaise était entraînée par un grand courant souterrain dans la tranchée. La méthode Sazilly n'était plus applicable, et l'on a dû employer, malgré la dépense, un procédé analogue à celui indiqué fig. 21. Une petite tranchée auxiliaire fut ouverte parallèlement à l'axe du chemin (fig. 29), à 37 mètres de distance

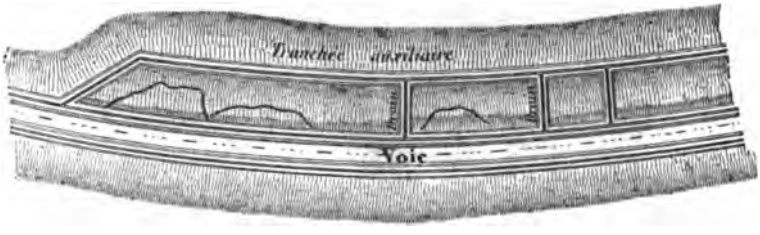


Fig. 29.

de celui-ci, et à 5 mètres au delà des fissures qui s'étaient manifestées dans le terrain. Cette tranchée fut poussée jusqu'à la couche imperméable, après avoir traversé plusieurs alternances de terres ordinaires et de glaises qui présentaient des bancs de suintement superposés. La coupe en long (fig. 30) représente la projection verticale de cette tranchée. Comme il s'agissait de donner aux eaux un écoulement facile et constant, on suivit, pour le profil en long du fond de la tranchée, les ondulations générales de la couche de glaise, et l'on établit, à chacun des points bas les plus prononcés, un caniveau trans-

versal ou drain qui devait amener dans le fossé du chemin de fer les eaux recueillies par la tranchée latérale.

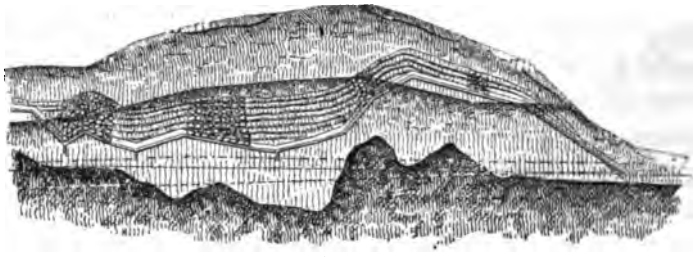


Fig. 30.

Le fond de cette tranchée, dont la section (fig. 31) représente celle d'un prisme triangulaire, fut d'abord garni d'une couche

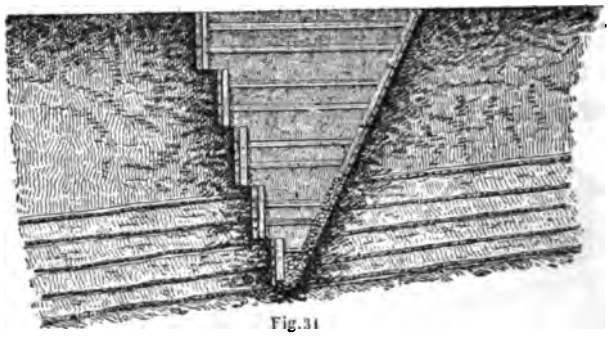


Fig. 31

de béton de $0^m,15$ d'épaisseur, sur lequel on plaça trois briques à plat formant caniveau, puis on remplit le vide avec des moellons bruts et de petites pierres jusqu'à 1 mètre de hauteur; au-dessus de ce prisme on éleva une sorte de mur en pierres sèches, tout le long des bancs de suintement que l'on avait traversés, en garnissant le tout d'une couche de mousse pour empêcher la terre de s'introduire dans le perré. Ce perré une fois terminé, on combla le vide de la tranchée en ayant soin de pilonner fortement les terres que l'on avait extraites.

La tranchée auxiliaire de desséchement, au chemin de Vissembourg, n'a que 10 mètres de profondeur. S'il eût fallu ouvrir une tranchée plus profonde, le percement dans un terrain

coulant en fût devenu excessivement coûteux. Sur certains chemins d'Allemagne, on a ouvert en pareil cas des puits jusqu'au banc glaiseux, et relié ces puits par une galerie dans laquelle les eaux se réunissent et d'où elles s'écoulent par des galeries transversales.

En général, dans des circonstances de ce genre, il est bon de diminuer la profondeur de la tranchée en relevant le profil du chemin; on évite ainsi d'attaquer plus profondément la couche de glaise et de déchausser le pied de la couche dont on avait à redouter les mouvements. C'est ce qu'on a fait au chemin de Vissembourg et en plusieurs points du chemin de Strasbourg.

Dans un petit nombre de cas les travaux d'assainissement devenant par trop dispendieux, il vaut mieux modifier la voie. C'est ce qui est arrivé pour la tranchée de Champigneulle, sur le chemin de Strasbourg, près Nancy.

Nous croyons enfin utile de donner ici la description d'un travail assez intéressant exécuté sur le chemin de Metz à For-

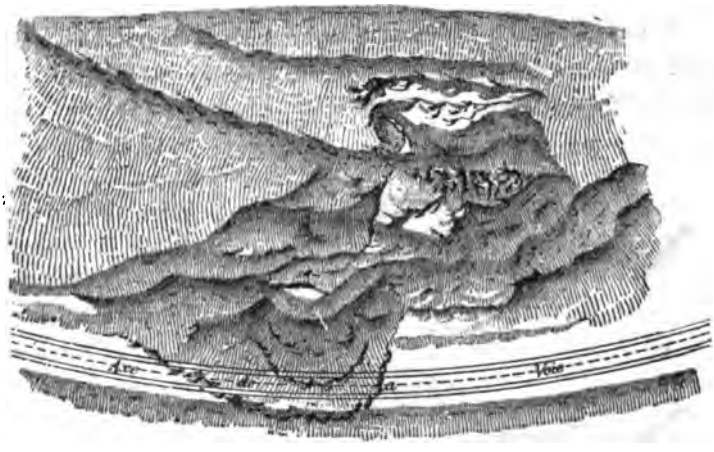


Fig. 32.

bach, pour maintenir la paroi d'amont d'une grande tranchée.

Ce chemin occupe entre Saint-Avold et Hombourg un mame-

lon dit *Steinberg* (fig. 32), composé principalement de couches inclinées de sable et glaise reposant sur un banc de grès.

Le profil ci-contre (fig. 33) indique à peu près l'état de cette tranchée avant les derniers éboulements de novembre 1852.

Jusqu'à l'époque où ces éboulements ont commencé, le banc A n'avait jamais cédé et avait toujours été considéré comme une base solide. Le revêtement, en partie maçonné, du fossé, avait été exécuté non pour le besoin de retenir ce banc, mais simplement pour le garantir de l'érosion. La partie B' du banc B avait descendu pendant la construction en glissant sur le banc A, et la partie restante avait été arrêtée par le contre-fort C. Enfin, les couches C avaient été revêtues d'un perré encaissé dans les bancs B.

Tous ces travaux avaient été exécutés dans la supposition que le banc A, qui n'avait jamais bougé, resterait en repos.

Ce banc cependant a glissé; le radier s'est soulevé. Par suite, le contre-fort C s'est lézardé et a menacé de descendre à son tour. Des crevasses se sont faites également en D et ont poussé le perré G.

Sous l'action des pluies de novembre 1852, le mouvement a augmenté : 50 000 mètres cubes de terre ou de roche se sont déplacés en glissant sur une veine d'argile jusqu'au delà de l'axe du chemin. Dans les premiers jours de janvier 1853 la même masse a fait un nouveau mouvement et s'est avancée de manière à encombrer complétement la tranchée sur une longueur de 35 mètres.

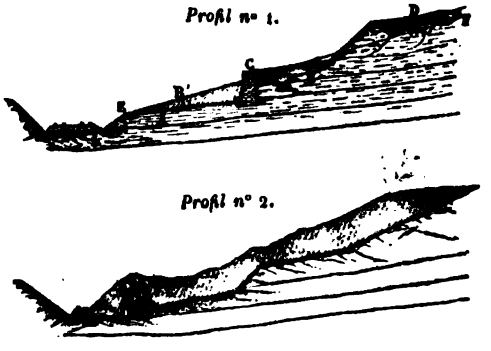


Fig. 33.

On a alors, pour ne pas arrêter la circulation, établi une

voie auxiliaire contournant le coteau; interrompu, aussi bien que possible, le passage aux eaux de surface qui venaient délayer les terres de l'éboulement, en creusant des rigoles imperméables jusqu'à 200 mètres de la tranchée parallèlement à l'axe; retiré une partie des terres de l'éboulement, décapé sur une grande profondeur les bancs supérieurs qui pesaient sur le banc A, et soutenu ce banc par un gros mur en pierres sèches M percé d'un aqueduc, et représenté dans le profil n° 2.

On a d'autant moins balancé à enlever la masse en mouvement, qu'on pouvait utiliser les terres qui la composaient pour consolider les remblais à l'est et à l'ouest du Steinberg.

On avait pensé que l'on pourrait faire ces déblais conformément à la ligne EF du profil n° 1; mais, en cours d'exécution, on enleva les terres conformément au n° 2, qui indique la situation actuelle.

Remblais. — Les remblais des routes et des canaux s'exécutent ordinairement par couches successives que l'on prescrit quelquefois de pilonner, et qui, dans tous les cas, sont comprimées par les roues des tombereaux et par les pieds des chevaux.

Sur les chemins de fer, il serait trop long et trop dispendieux d'élever de grands remblais par couches pilonnées ou même simplement au moyen de tombereaux sans pilonnage; ces grands remblais, si ce n'est dans certains cas particuliers, se font en masse sur toute la hauteur à la fois, c'est-à-dire qu'une petite portion de remblai, voisine de la tranchée, étant achevée sur toute la hauteur, on la continue en déposant des terres à l'extrémité jusqu'à la crête. Ce n'est qu'en procédant de cette manière que l'on peut employer le chemin de fer au transport des terres; la pose de la voie se fait alors sur le remblai au fur et à mesure de son avancement, et les wagons de terrassement viennent se décharger à l'extrémité de la voie qui est aussi celle du remblai, comme cela est indiqué dans la figure ci-contre.

Il n'est ici question que de remblais qui, étant d'une grande

hauteur, sont aussi d'une certaine longueur; car, lorsque la terre n'est portée en remblai qu'à une petite distance, il est souvent plus économique de se servir, pour les terrassements, de tombereaux que de wagons. Les remblais exécutés au tombereau sont d'ailleurs plus divisés et sujets à de moins grands tassements que ceux exécutés avec des wagons. Il ne faut pas oublier, d'un autre côté, que l'emploi des tombereaux devient souvent impossible dans certains terrains après de grandes pluies, tandis que le service des wagons ne souffre aucune interruption.

Quand les remblais sont conduits avec précipitation et par masses d'une grande hauteur au-dessus et autour des ouvrages d'art, il arrive fréquemment que les maçonneries se fendent ou se gauchissent. Ils doivent donc être faits dans ce cas avec beaucoup de précautions, être montés en même temps des deux côtés des voûtes en maçonnerie, et étendus uniformément sur ces voûtes par couches pilonnées d'environ 25 centimètres d'épaisseur.

Lorsque de grands remblais reposent sur des terrains compressibles, il est nécessaire d'employer des précautions analogues pour ne pas écraser le terrain ni le rompre en chargeant tout d'un coup certains points d'une masse excessive.

Il convient aussi, lorsque ces terrains compressibles sont composés de couches inclinées, qui peuvent glisser les unes sur les autres, de commencer le remblai en descendant les terres dans le fond de la vallée au moyen de tombereaux, au lieu de le monter immédiatement à hauteur, au sortir de la tranchée, avec les wagons. Mais ces précautions ne suffisent pas toujours pour empêcher l'affaissement du sol, lorsque le remblai est parvenu à une certaine hauteur. Un des moyens les plus simples de prévenir cet affaissement, est d'élargir la base du remblai, de manière à diminuer la pression sur l'unité de surface autant que la compressibilité du sol l'exige. Mais lorsque le terrain, aux abords des remblais, est couvert de constructions ou qu'il est

très-précieux, ce procédé serait trop dispendieux. On peut rendre le terrain incompressible en le desséchant (remblais sur le chemin de Munich à Augsbourg), ou encore on diminue le poids du remblai en le composant de matériaux légers et qui laissent entre eux des vides (remblais aux abords du pont de Cubzac).

Au chemin de fer de Versailles (rive gauche), l'ingénieur en

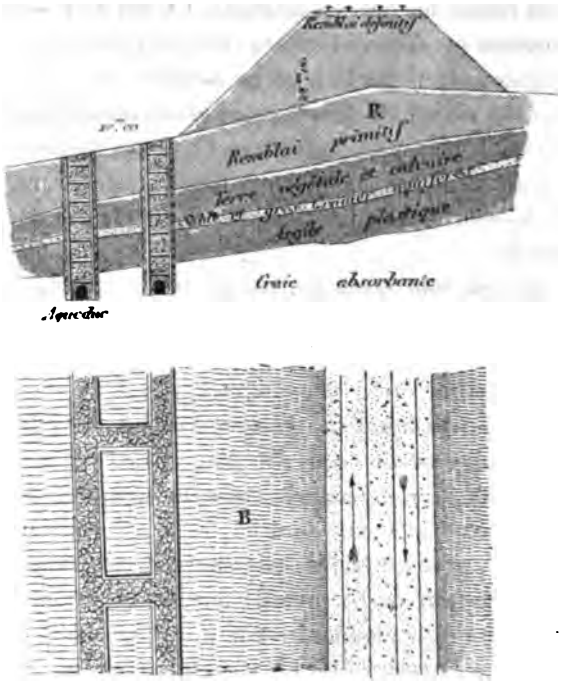


Fig. 34.

chef, M. Bergeron, a arrêté le glissement d'une couche de glaise sur laquelle était placé un grand remblai (fig. 34), par un procédé fort ingénieux que nous allons décrire.

Les eaux d'infiltration et de sources qui remplissaient une couche de sable et de gravier, au-dessus d'un banc très-épais d'argile plastique, rendaient le sous-sol glissant et compres-

sible. Malgré un grand nombre de tentatives, il avait été impossible de terminer le remblai projeté, et la traversée du Val-Fleury s'est faite à l'aide de deux estacades en charpente reliant les deux culées du viaduc au flanc du coteau. Après sept années d'usage, les estacades n'offrant plus assez de sécurité pour le passage des trains du chemin de fer, il a fallu revenir au projet définitif et employer des moyens convenables pour rendre le sous-sol résistant. Ce but a été atteint par deux pierrées parallèles à l'axe du chemin, espacées de 10 mètres, régnant sur toute la base du remblai, et creusées verticalement au moyen de blindages et d'étrésillonnements jusqu'à 12 ou 15 mètres de profondeur. Ces deux pierrées étaient reliées entre elles par des pierrées transversales. En quelques points, la couche d'argile plastique avait plus de 8 mètres d'épaisseur.

Les eaux se sont écoulées, par de petits aqueducs établis au fond et le long de toutes les tranchées, jusque dans un puisard général creusé profondément dans la craie absorbante où elles ont disparu.

Les pierrées ont produit un resserrement dans la couche aquifère au-dessus du banc d'argile, et tout le massif, de 10 mètres d'épaisseur, compris entre les tranchées parallèles, s'est trouvé complétement asséché, et a agi comme mur de soutènement, pour contenir le glissement du terrain supérieur.

C'est au moyen de ce procédé que les estacades du Val-Fleury ont pu être remplacées par le remblai définitif, très-élevé, sur lequel passe aujourd'hui le chemin de fer de l'Ouest.

Sur le même chemin, près de la station de Sèvres, un remblai en argile, exécuté par un temps humide, tendait sans cesse à s'écraser. Malgré tous les soins que l'on avait pris de pilonner les couches de glaise et de les assécher avec des couches de sable pour faciliter l'écoulement des eaux souterraines, des affaissements brusques avaient eu lieu fréquemment, et plusieurs fois il avait fallu déplacer l'axe du chemin de fer. On a employé alors avec succès des boulons

en fer traversant tout le remblai à 2 mètres environ au-dessous de la voie de fer, et terminés aux extrémités par des plateaux en bois de chêne, contre lesquels venaient s'appuyer les terres glissantes. Ces boulons faisaient ainsi l'effet des boulons en fer que l'on pose dans les édifices pour relier deux murs verticaux parallèles qui tendent à s'écarter. Cependant, après plusieurs années, ce remblai boulonné a encore éprouvé des glissements à sa partie inférieure, et l'on y a définitivement remédié, d'un côté, par une pierrée semblable à celle du viaduc du Val-Fleury, et, de l'autre, par une ligne de pieux et planches jointifs enfoncés, au moyen de la sonnette, tout le long

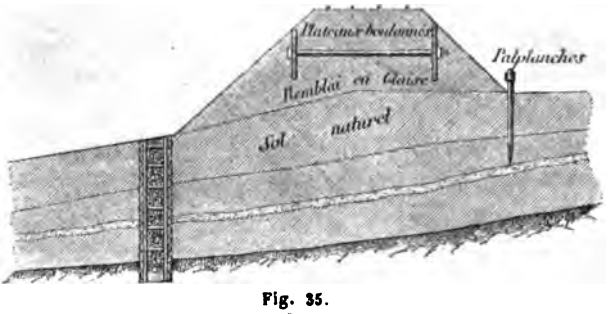


Fig. 35.

de la base de la portion glissante du remblai, comme l'indique la figure 35.

Les remblais composés de terres glaiseuses, lors même qu'ils reposent sur des terrains incompressibles, sont sujets à s'affaisser ou à s'ébouler. Il faut, pour les contenir, bien dessécher la glaise et la préserver en même temps de l'effet des eaux pluviales et de celui des eaux de source. On arrête les eaux pluviales en enveloppant le remblai d'une couche de bonne terre pilonnée avec soin, de telle façon que l'intérieur seul soit de glaise, et l'on détourne les eaux de source du pied du remblai au moyen de fossés, d'aqueducs ou d'autres travaux du même genre.

Les remblais glaiseux doivent aussi être pilonnés, et, autant que possible, élevés en bonne saison. Enfin on a trouvé avan-

tageux d'interposer des couches de sable entre les assises de glaise.

Les ouvrages d'art sur les chemins de fer ne diffèrent des ouvrages de même nature établis sur les routes ordinaires que par la grandeur de leurs proportions.

Passerelles, ponts, viaducs. — De légères passerelles en bois, en pierre ou en métal sont jetées hardiment sur de pro-

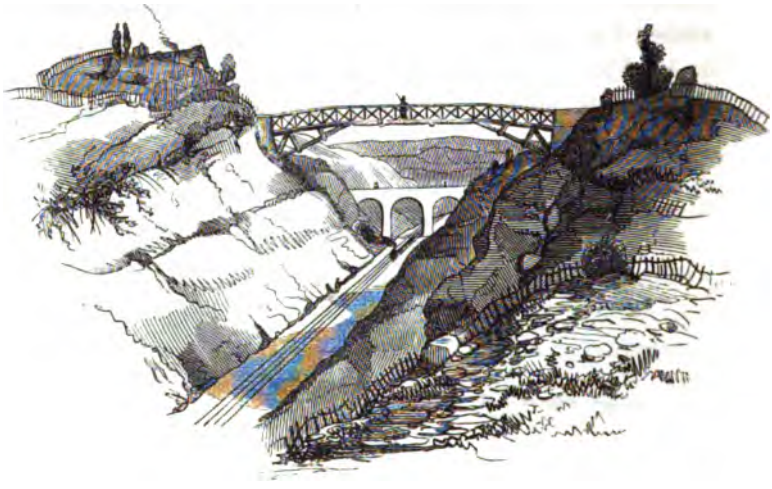


Fig. 36.

fondes tranchées, des ponts en pierre d'une grande portée et d'immenses estacades en charpente (fig. 36), des viaducs gigantesques, supportent les chemins de fer au passage des vallées

Les ponts ou viaducs sont de différentes espèces : on distingue les ponts en bois, en pierre ou en briques, en fonte et en fer forgé ou en tôle. *Les ponts ou viaducs en bois sont généralement les plus économiques de construction, mais ils sont les moins durables.* Aucun des procédés proposés pour la conservation des bois ne paraît en avoir augmenté la durée d'un grand nombre d'années. Tous ces procédés sont à l'état d'essai et on ne peut en garantir l'efficacité que dans quelques cas par-

ticuliers que nous indiquerons en parlant de la conservation du bois pour les traverses.

La Compagnie du chemin de Rouen se voit déjà obligée de remplacer ses nombreux ponts en bois par des ponts en métal, et le pont en bois d'Asnières (chemin de Saint-Germain) a disparu après 12 années seulement de service.

En Allemagne, dit M. Couche[1], la plupart des ponts construits sur les chemins de fer étaient en charpente, tantôt sur piles en maçonnerie, tantôt sur palées. Une réaction s'est produite aujourd'hui contre l'introduction du bois dans les travaux d'art des grandes lignes. La durée des grands ponts en charpente sur les cours d'eau a été bien souvent au-dessous des évaluations les plus modérées en apparence. On les reconstruit aujourd'hui en pierre ou en métal.

En Autriche, toutefois, si on renonce au bois pour les ponts considérables, on continue à l'admettre pour les ouvrages d'une importance médiocre. La condamnation prononcée par l'expérience ne s'applique d'ailleurs jusqu'à présent, même pour les grandes ouvertures, qu'aux cas où le tablier doit être placé à une faible hauteur au-dessus de l'eau et soumis ainsi à l'influence atmosphérique constamment humide. Quand il s'agit de franchir des vallées profondes, c'est-à-dire pour les viaducs, la question change de face : d'une part, la décomposition des bois n'est plus favorisée par une cause aussi puissante ; de l'autre, la facilité avec laquelle les ouvrages en charpente se prêtent aux plus grandes portées est alors d'autant plus précieuse que la hauteur des piles rend leur construction fort dispendieuse. Restreinte à ce cas, l'application du bois a conservé encore une grande importance.

En Angleterre, suivant M. de Bassompierre, ingénieur des ponts et chaussées et ingénieur principal du chemin de Vincennes[2], lorsque la pierre manque et si le fer est loin et rare,

1. *Annales des mines.*
2. Rapport à la Compagnie de l'Est.

les ingénieurs n'hésitent pas devant l'emploi du bois, du moins pour la construction de viaducs sur des vallées sèches. Toutefois, ces ouvrages sont ordinairement relégués sur des lignes secondaires, et, autant que possible, sur des lignes affectées spécialement à un trafic de marchandises ou à l'exploitation des houillères ou des usines.

En Amérique, aux États-Unis, au dire de M. Grenier, ingénieur principal du chemin de Strasbourg, on continue à faire emploi, même pour le passage des rivières, sur une grande échelle, d'ouvrages tout en bois ou en bois et fer.

Les ponts en pierre ou en briques sont d'une solidité à toute épreuve et d'une durée indéfinie. Ils sont, dans un grand nombre de localités, en France et en Allemagne surtout, tout aussi économiques pour des portées modérées que les ponts en fonte ou en fer, et peuvent être construits par les méthodes expéditives, usitées aujourd'hui, aussi rapidement que ces derniers.

On en trouve un très-grand nombre sur les chemins anglais, français, belges et allemands. En Angleterre et en Belgique, les ouvrages en briques sont plus communs que ceux en pierre. En Angleterre cependant, on trouve de très-beaux ouvrages en pierre, parmi lesquels nous citerons le magnifique viaduc de Durham, celui de Llangollen et celui de la Boyne à Drogheda.

Les ponts en fonte sont élégants et souvent économiques; mais la fonte n'offre pas les mêmes garanties de solidité que le fer forgé. Les grandes pièces présentent souvent des soufflures qui en altèrent la qualité et dont on ne découvre l'existence que lorsqu'elles viennent à rompre. Elles sont moins élastiques que celles en fer et ne se prêtent pas aux épreuves avant leur emploi. Le travail de la fonte n'est pas aussi facile à calculer que celui du fer, et enfin les ponts en fonte n'admettent pas les mêmes portées que ceux en fer. L'usage en était assez fréquent en Angleterre il y a quelques années; mais depuis lors, dit M. de Bassompierre, la tôle a complétement détrôné la fonte. En France, on continue à établir des ponts en fonte dans cer-

tains cas. Ainsi une partie des ponts du chemin de Lyon à la Méditerranée sont en arcs de fonte, établis dans un système propre à M. Emile Martin, de Fourchambault, et l'on est sur le point de remplacer les ponts en bois du chemin de Rouen par des ponts en fonte dont plusieurs présentent des arches de 50 mètres d'ouverture.

En Allemagne, l'emploi de la fonte est très-restreint.

Le principal avantage des ponts en fer ou en tôle rivée est de se prêter à l'emploi de pièces droites, pleines ou évidées, d'une immense longueur et d'une grande durée. Quelquefois économiques, ces ponts sont les seuls possibles lorsque le débouché doit être rectangulaire, d'une faible hauteur et d'une grande largeur.

La mise en œuvre des tôles rivées[1] a pris ces dernières années, en Angleterre surtout, un accroissement prodigieux : la construction des navires en fer, des locomotives et des ponts pour chemins de fer en a multiplié les applications à l'infini.

En France, on a aussi adopté les ponts en tôle rivée; mais un grand nombre d'ingénieurs ne considèrent pas l'expérience faite jusqu'à ce jour des ponts en tôle comme assez concluante pour les substituer aux ponts en pierre, à prix égal et même avec une légère diminution de prix. Ils ne conseillent l'emploi de la tôle que lorsque l'économie est très-grande et que les circonstances rendent l'emploi de la pierre à peu près impossible. Ils craignent que les ponts en tôle ne se détruisent ou ne se disloquent au bout d'un certain temps par l'oxydation du métal et par le jeu des rivets.

On a, dans plusieurs ponts ou viaducs importants d'Angleterre, associé la fonte et le fer. Malgré le succès de ces ouvrages qui supportent sans aucune altération les passages à toute vitesse des trains nombreux qui les traversent, cet emploi déjà si restreint de la fonte n'a pas fait école dans l'art de l'ingénieur. MM. Robert Stephenson, Brunel, Fairbairn et beaucoup d'au-

1. Rapport de M. de Bassompierre.

tres illustrations du corps des ingénieurs anglais repoussent énergiquement une combinaison dont ils contestent les avantages.

En France et en Angleterre le principe de la suspension a été constamment rejeté pour les ponts sur lesquels la voie de fer doit passer; mais il n'en est pas de même aux États-Unis, et les ingénieurs autrichiens se proposent d'en tenter l'application à quelques ouvrages nouveaux.

On distingue :

Les ponts ou viaducs en bois ou en bois et fer. — Avec arcs ou fermes supportant le tablier.

Id. avec arcs ou fermes placés au-dessus du tablier, en totalité ou en partie, le tablier leur étant suspendu.

Id. droits avec parapets rigides tout en bois (*ponts américains*).

Id. droits avec parapets rigides en bois et fer.

Id. droits avec colonnettes en fonte ou en fer.

Les ponts ou viaducs en pierre ou en briques. — En plein cintre ou avec voûtes plus ou moins surbaissées.

Les ponts ou viaducs en fonte composés d'arcs ou de poutres.

Les ponts ou viaducs en fer. — Composés d'arcs en fer ou en tôle rivée.

Id. de poutres en fer.

Id. de tubes en fer (*tubulaires*).

Id. de treillis en fer.

Id. suspendus.

Les ponts ou viaducs en fer ou tôle et fonte ou diversement combinés.

Nous citerons comme un exemple de viaducs en bois avec arcs placés sous le tablier, les magnifiques viaducs du chemin de Newcastle à North-Shields, dont nous avons publié la description en 1839, dans le *Journal de l'Industriel et du Capitaliste*. Les arcs sont formés de planches superposées et clouées ensemble comme les fermes des combles du colonel Emy; elles reposent sur des culées et des piles en pierre.

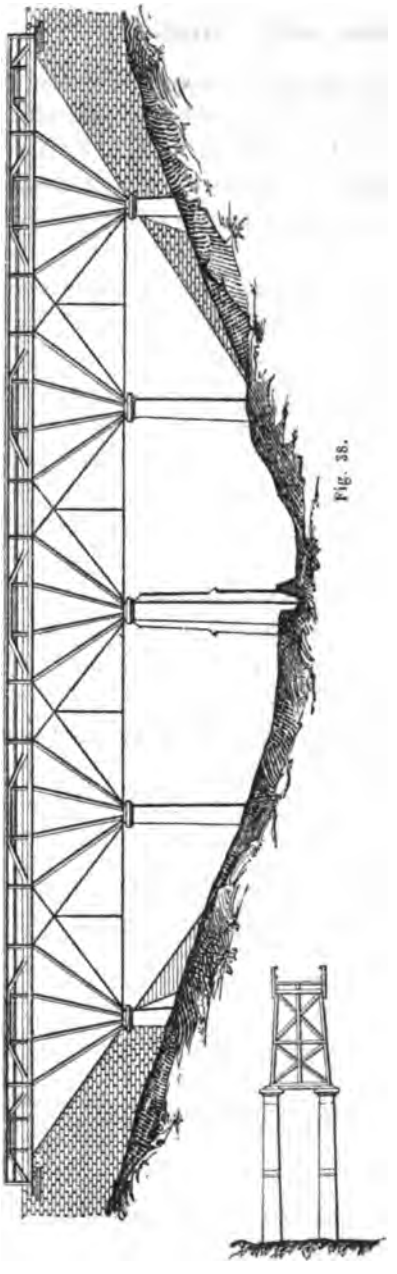


Fig. 37.

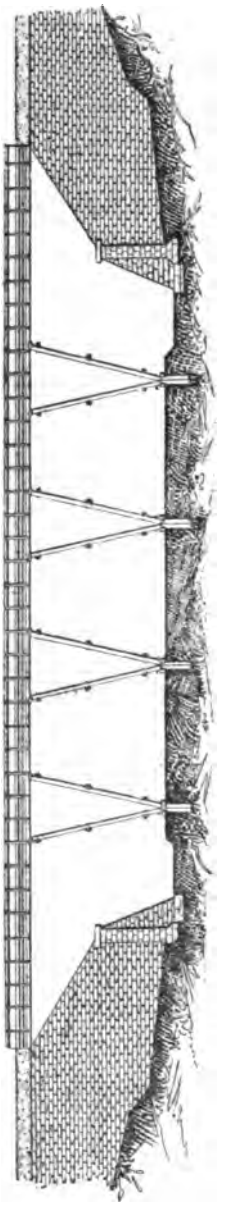


Fig. 39.

Les ponts sur fermes en charpente ou estacades sont assez communs sur les chemins de second ordre de Cornouailles et des environs de Newcastle. Ces chemins, obligés de traverser souvent des contrées difficiles ou accidentées, ont donné lieu quelquefois à de belles constructions dont on admire la hardiesse et la légèreté.

Les figures 37, 38 et 39 représentent les dispositions de deux estacades extraites de la belle collection de dessins rapportée par M. de Bassompierre.

Sur le chemin de Runcorn à Sainte-Hélène, en Angleterre, on a construit une estacade en charpente disposée de telle manière que l'on a pu élever sur le même emplacement un pont en maçonnerie sans interrompre le passage des convois, et substituer ce pont à l'estacade sans qu'il y eût pour ainsi dire interruption dans le service.

Le pont en tôle du chemin de Saint-Germain à Asnières a été également construit en entier dans l'intérieur du pont provisoire en charpente construit en 1848, sans qu'il y ait eu la moindre interruption dans le service des chemins de Saint-Germain, de l'Ouest, de Rouen et d'Argenteuil dont tous les convois passent sur cet ouvrage d'art.

Ce n'est guère qu'en Amérique que l'on trouve des viaducs (fig. 40) avec arcs ou fermes en bois placés au-dessus du tablier.

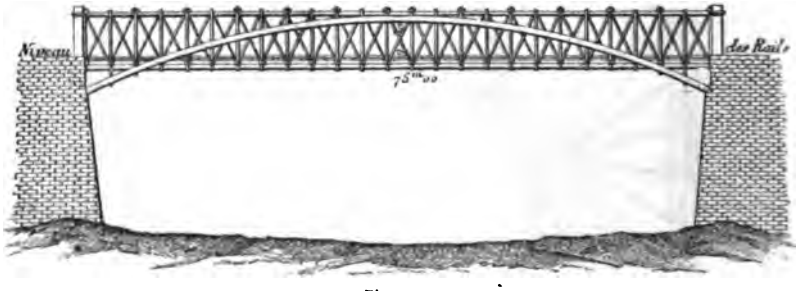


Fig. 40.

Les ponts avec parapets rigides en bois ou en bois et fer sont assez communs en France.

Les ponts avec tabliers en bois portés par des colonnettes en fonte ou en fer se rencontrent assez fréquemment sur nos chemins de fer français, où ils servent au passage des routes en dessus. Les colonnettes ne sont cependant pas sans danger quand elles sont trop rapprochées de la voie, et elles gênent dans le voisinage des stations pour le service de l'exploitation. Il faut autant que possible les éviter, ce qui est généralement facile, en donnant de la rigidité au tablier ou en le suspendant.

Nous avons déjà fait mention du viaduc de Durham. Il a 40 mètres de hauteur maxima, et il est composé de 4 arches dont une a 49 mètres d'ouverture et une seconde 45 mètres. Celui de Göltsch, en Allemagne, dont la hauteur maxima est de 80 mètres, et la longueur de 578 mètres, est aussi fort remarquable.

Le viaduc en pierre représenté ci-contre a été construit par M. Payen, inspecteur général des ponts et chaussées, sur le chemin de fer de Versailles (rive gauche), dans le Val-Fleury, près Meudon. Le fond de la vallée est composé d'un terrain argileux fort mou, couvert de quelques couches calcaires. Il eût été de la plus grande imprudence d'asseoir un pareil monument sur une base aussi peu résistante, ainsi que quelques-uns le conseillaient, et M. Payen jugea, avec raison, qu'il était de toute nécessité, quelle que dût être la dépense, de descendre les fondations jusqu'au banc de craie inférieur à celui d'argile.

Le volume des maçonneries cachées sous terre se trouve ainsi presque aussi considérable que la partie visible, et ce n'est pas sans difficultés qu'on est parvenu à poser les premières assises des piles dans une fosse profonde que les éboulements menaçaient à chaque instant de combler.

Les arches de ce viaduc, toutes hardies qu'elles paraissent, le sont cependant beaucoup moins que celles du viaduc de Durham; mais une des conditions imposées à l'ingénieur, était d'exécuter ce travail avec une extrême rapidité; et l'on conçoit aisément qu'une arche unique, de grandes dimensions, ne puisse se construire aussi rapidement qu'un grand nombre

d'arches plus petites, qui forment comme autant de petits ponts distincts, que l'on peut élever simultanément. L'économie, d'ailleurs, avec une arche unique, est moins grande qu'on ne le supposerait. La diminution de dépense sur les maçonneries est en partie compensée par l'excès de frais sur les cintres.

Les convois, même les plus lourds, peuvent, sans le moindre danger, passer à toute vitesse sur des ponts en charpente d'une légèreté excessive, si les différentes pièces en sont bien combinées et bien assemblées. Nous avons dit plus haut, qu'au chemin de Versailles (rive gauche), une partie des remblais, aux abords du viaduc dont nous venons de parler, avait été provisoirement remplacée par des estacades en charpente d'une excessive légèreté. Ces estacades, au premier aspect, paraissaient manquer de solidité; mais l'expérience a prouvé qu'elles présentaient une résistance plus que suffisante, malgré le poids, le nombre et la vitesse des convois qui chaque jour les ébranlaient par leur passage. La charpente fléchissait, mais ne se rompait pas.

Ces estacades n'étaient pas remarquables seulement par leur légèreté. Elles reposaient sur un terrain de remblai qui, à la suite de grandes pluies, glissait sur le terrain argileux qui lui sert de point d'appui. Fixées dans l'origine à ce terrain, ces estacades en suivaient tous les mouvements, se disloquaient, et ce n'était qu'à très-grands frais que l'on parvenait à les ramener dans leur position primitive. C'est alors que M. Petiet, aujourd'hui ingénieur en chef de l'exploitation du chemin de fer du Nord, eut l'heureuse idée d'interposer entre l'estacade et le remblai de grandes semelles[1] sur lesquelles on faisait mouvoir avec une aisance merveilleuse, à l'aide de simples crics, l'estacade entière, dès qu'on s'apercevait de la plus légère déviation. On appréciera tout le mérite de ce travail lorsqu'on saura que le poids de cette estacade, y compris celui de la couche de sable et de la voie en fer qu'elle portait, dépassait celui de l'obélisque.

1. Pièces de bois peu épaisses, mais longues et larges de base.

Parmi les ouvrages les plus remarquables en maçonnerie des chemins français, il faut encore citer le beau pont dont on jette aujourd'hui les fondations sur la Marne, dans le voisinage de Nogent, pour le passage du chemin de Paris à Mulhouse. Ce pont, dont les projets ont été rédigés par M. Collet-Meygret, ingénieur des ponts et chaussées, sous la direction de M. Vuigner, ingénieur en chef de la Compagnie, et avec les conseils de M. Mary, inspecteur général, sera un des plus beaux monuments de l'art de l'ingénieur. Les arches en plein cintre auront 50 mètres d'ouverture, et il sera entièrement établi en meulières reliées par du ciment romain.

En Allemagne, on voit peu de ponts en maçonnerie d'une grande hardiesse, et l'on y fait à peine emploi du ciment romain, dont on commence à tirer un si bon parti en France.

Les chemins de fer coupant souvent les routes ordinaires et les voies navigables sous des angles très-aigus, la construction de ces nouvelles voies de communication a conduit les ingénieurs à de grands perfectionnements dans l'établissement des ponts biais en pierre ou en briques. D'intéressantes notices ont été publiées sur ces ponts dans les *Annales des ponts et chaussées*, par MM. J. Poirée, Didion, Hachette, Boucher, etc.... Au chemin de fer de Ceinture, plusieurs de ces ponts ont été faits en tôle.

Les plus beaux ponts en fonte connus sont le grand pont de Newcastle, de Robert Stephenson, représenté fig. 41, et

Fig. 41.

le magnifique pont établi sur le Rhône, par M. Paulin Talabot, pour le passage du chemin de fer d'Avignon à Marseille. Les arches de ce dernier pont, formées de voussoirs dont les surfaces de joint sont planes, sont au nombre de sept. Elles

ont chacune 65 mètres d'ouverture. Au chemin de fer du Nord, la voie traverse le canal Saint-Denis sur un pont très-biais en fonte, de 32 mètres d'ouverture, exécuté dans le système Polonceau.

Lorsque la fonte est employée sous forme de poutres, il y aurait du danger à dépasser une portée de 7 à 8 mètres. On peut citer comme un exemple de ponts à poutres en fonte établis dans de bonnes conditions, ceux du chemin d'Auteuil, construits par M. Eugène Flachat. Ils ont, entre les culées, 7 mètres de largeur, et se composent de poutres de $8^m,50$ de longueur, ayant de $0^m,55$ à $0^m,60$ de hauteur, placées à environ $2^m,20$ de distance les unes des autres et reliées par des sommiers qui partagent en trois parties égales l'intervalle de 7 mètres qui sépare les culées. Ces sommiers portent des voûtes formées de deux anneaux de briques. Ainsi disposés, ces ponts sont très-rigides. La masse de maçonnerie qui relie les poutres et le poids considérable du pont par rapport à la surcharge, forme obstacle aux vibrations.

En Angleterre, quelques accidents graves ayant eu lieu dans les essais de poutres droites en fonte d'une longueur de plus de 7 à 8 mètres, le gouvernement s'en est ému à tel point, que le parlement a interdit, de la manière la plus absolue, l'emploi de ce genre de poutres [1].

La Grande-Bretagne offre peu d'exemples de la tôle employée en arcs tubulaires. Le célèbre ingénieur Brunel fils a cependant entrepris la construction d'un magnifique pont de ce genre, dont les proportions gigantesques n'auront rien à envier à celles du Britannia-Bridge, le chef-d'œuvre de Robert Stephenson. Nous voulons parler du grand pont de Saltash, près Plymouth.

Ce pont (fig. 42), précédé sur chaque rive par un viaduc en tôle ordinaire, est composé de deux travées de 455 pieds ($138^m,68$) chacune. Chaque travée est formée d'un arc tubu-

1. Rapport de M. de Bassompierre.

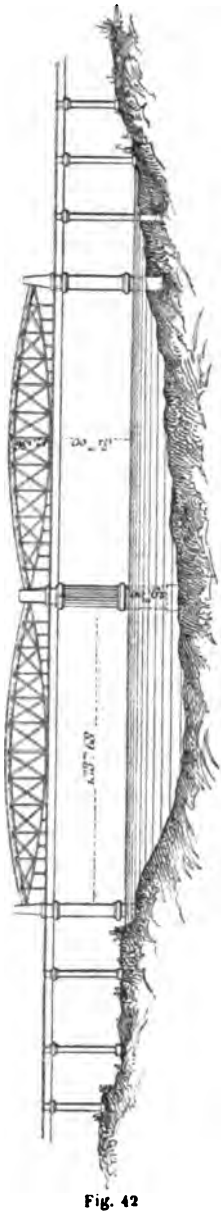


Fig. 42

laire en tôle rivée, à section elliptique, dont les poussées horizontales sont détruites par une série polygonale de tirants en fer, de manière à former un système rigide auquel sont suspendues, par d'autres tirants en fer, deux poutres en tôle formant garde-corps de la voie unique du railway. Chaque travée sera construite complétement sur un échafaudage élevé le long du rivage et dont le pied baigne à haute mer. La travée achevée sera passée de l'échafaudage fixe sur un échafaudage mobile, posé sur des pontons qui approcheront la travée du pied des piles, au haut desquelles elle sera hissée au moyen de presses hydrauliques.

Dans cet immense ouvrage, la fonte n'est employée que dans le revêtement des piles au-dessus des hautes mers.

On trouve quelques cas isolés, mais pour des ouvertures ordinaires, où le plus généralement elle est employée en poutre tubulaire à section rectangulaire ou en poutre double T. Cette seconde catégorie admet des variétés tellement nombreuses, qu'il ne serait pas possible de les indiquer même rapidement. Les figures 43, 44, 45 et 46 donnent une esquisse des sections transversales des poutres les plus fréquemment employées aujourd'hui. La dernière doit être particulièrement recommandée à l'attention des ingénieurs qui recherchent l'économie. Elle se compose, à la partie

supérieure, de deux rails Brunel ou de deux rails Barlow appliqués l'un contre l'autre par leurs bases et qui comprennent une feuille de tôle formant la paroi verticale de la poutre. Les patins des rails sont rivés ensemble. Des recouvrements en tôle sont appliqués sur ces patins aux abouts des rails. La partie inférieure des poutres est formée, comme à l'ordinaire, d'une plate-bande en tôle reliée par des cornières avec la paroi verticale. Ce genre de poutres peut être fort convenablement employé pour des ponts provisoires.

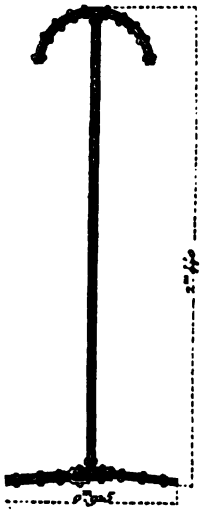


Fig. 43.

La figure 47 représente le beau pont à poutres de fer établi par M. Flachat à Asnières.

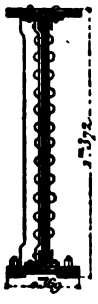


Fig. 44.

Les deux ponts tubulaires de Conway et de Menay, établis par Robert Stephenson sur le chemin de fer de Chester à Holyhead, sont les travaux de ce genre les plus remarquables. Ils se composent chacun de deux grands tubes rectangulaires en tôle, à l'intérieur desquels passent les convois. La figure 48 représente la coupe d'un de ces tubes. Dans le pont de Conway, les poutres, longues de 122 mètres entre leurs deux culées, ne sont supportées en aucun point intermédiaire. Elles pèsent chacune 1130 tonnes. Dans le pont de Menay (fig. 49), la longueur des poutres est de 460 mètres : elles portent sur deux culées et sur trois piles intermédiaires. Les deux travées du milieu ont 140 mètres, les deux extrêmes 70 mètres d'ouverture. Les poutres, de 140 mètres, ont été

Fig. 45.

Fig. 46.

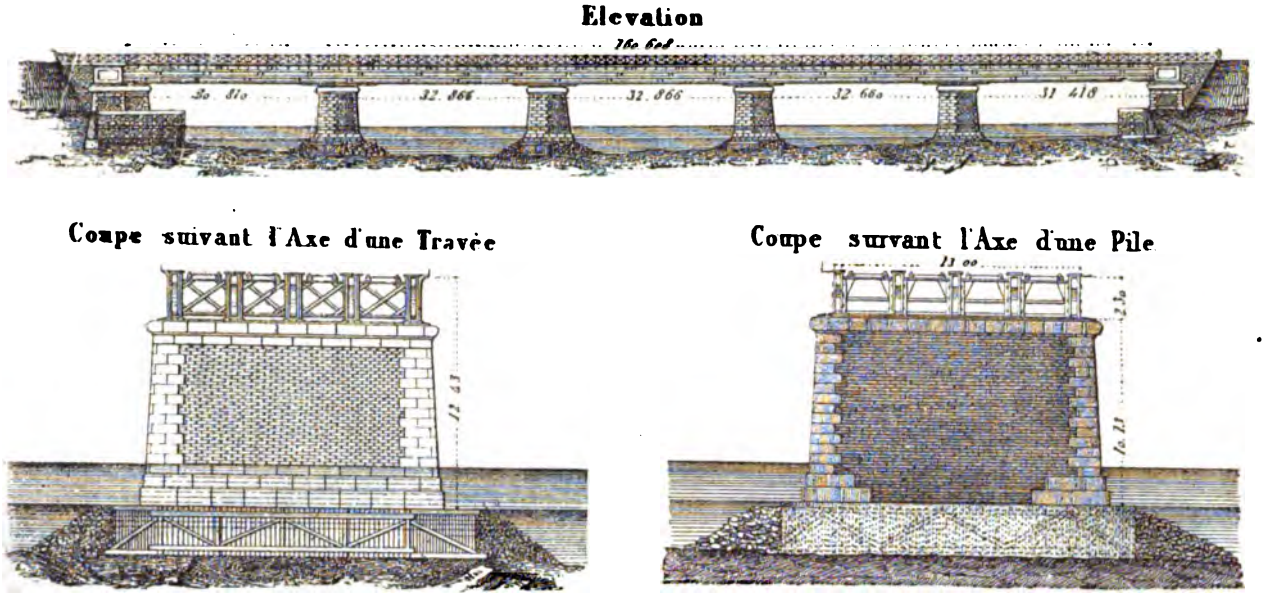


Fig. 47. *Pont sur la Seine à Asnières.*

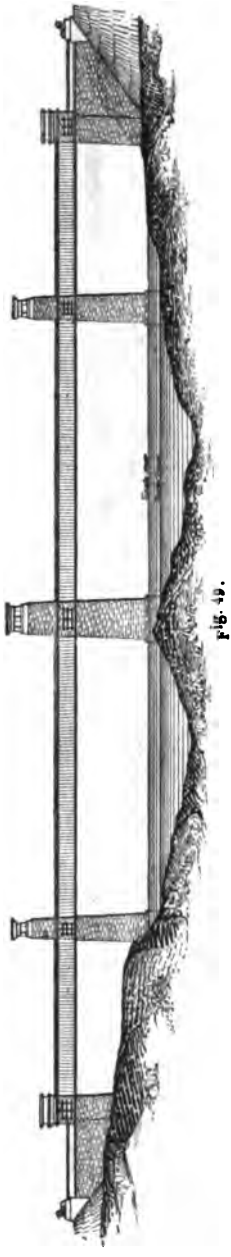


Fig. 49.

construites sur le rivage, puis amenées au moyen de radeaux au-dessous de l'emplacement qu'elles devaient occuper ; enfin elles ont été enlevées à la hauteur considérable de 30 mètres au-dessus des plus hautes marées, au moyen de deux presses hydrauliques placées au

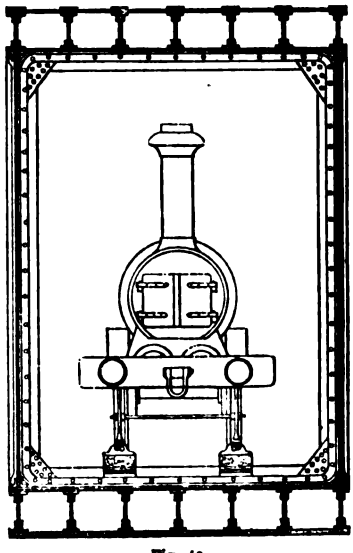
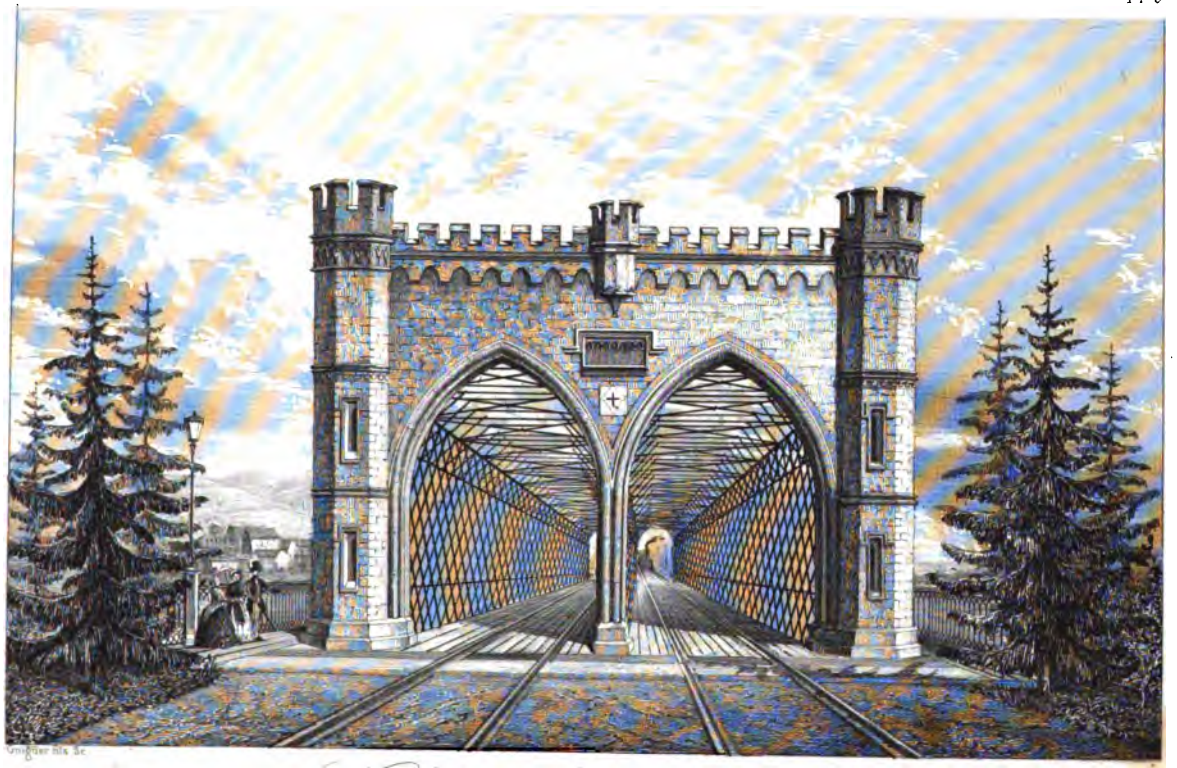


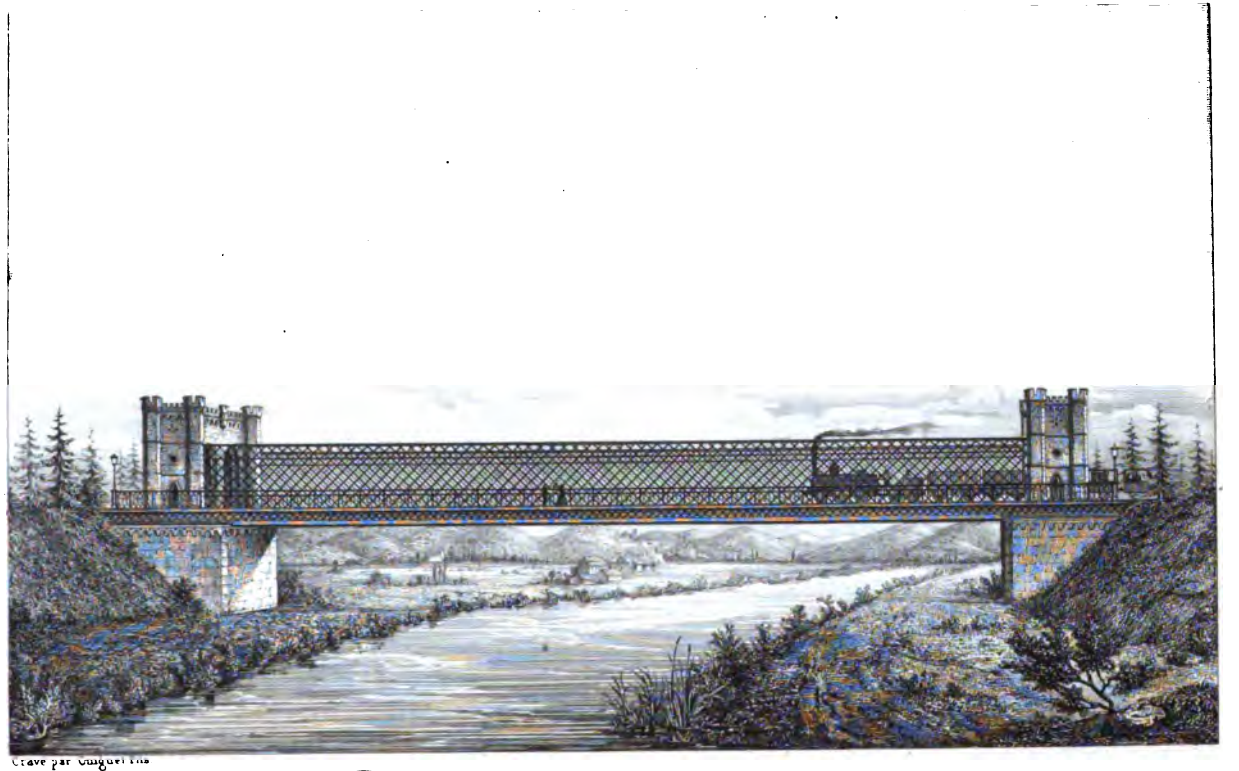
Fig. 48.

sommet des piles. Les tubes de 70 mètres ont été construits en place sur des échafaudages et réunis aux grands tubes au moyen de tubes de raccord ; de cette façon, chaque moitié du pont se compose d'une immense poutre de 460 mètres de long, fixée sur la pile centrale et reposant librement sur les deux piles de rive et sur les culées. Chacune de ces poutres pèse 5400 tonnes.



Vue de tête du Pont d'Offenburg
sur la rivière Kinzing
(Ch. de Fer Badois)

Pag. 307



Gravé par Guiguet fils

Vue latérale du pont d'Offenbourg
sur la rivière Kinzig
(Ch. de fer de Strasbourg)

Pag 302

Aux États-Unis, on construit en ce moment un immense pont tubulaire sur le chemin de fer de New-York au Canada.

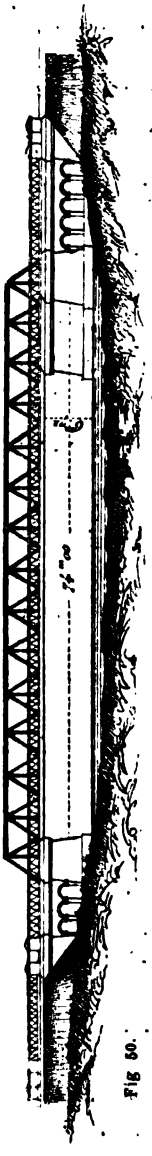


Fig. 50.

Les travées sont au nombre de 25, celle du milieu a 100^{m},05 de portée, les autres 73^{m},81. Les deux piles du milieu ont 5^{m},49 d'épaisseur, celles voisines des culées, 4^{m},57. Les piles intermédiaires augmentent graduellement d'épaisseur depuis les culées jusqu'aux piles du milieu. La distance de l'étiage au plancher du tube est de 18^{m},30. Chacun des tubes aura 5^{m},79 de hauteur à ses extrémités; cette hauteur augmentera progressivement jusqu'au centre, où elle sera de 6^{m},86. La largeur sera de 4^{m},88. Le poids total du fer employé sera de 10 400 tonnes.

En Allemagne, il n'existe encore aucun pont tubulaire, mais bientôt on traversera la Vistule à Dirschau (chemin de Berlin à Kœnigsberg) sur un pont de ce genre de la plus grande dimension. Il sera composé de 6 travées chacune de 161 mètres d'ouverture. On se propose d'y appliquer les parois en treillis, mais avec plafond et plancher [1].

On ne trouve également jusqu'à présent en Allemagne aucun pont établi comme celui d'Asnières sur des poutres creuses, mais les ponts en treillis y sont nombreux. Le plus remarquable est celui d'Offenbourg sur le chemin Badois. Nous en donnons ci-contre l'élévation longitudinale et celle d'une des têtes. Il a remplacé un pont en fonte de 5 arches, emporté en 1852 par une débâcle.

Lorsque le chemin est à deux voies et qu'on le fait passer sur un pont tubulaire ou

1. Mémoire de M. Couche.

à treillis, chacune des deux voies peut être supportée par un pont distinct, ou bien être réunie à l'autre par un seul et même pont. M. Couche donne avec raison la préférence au premier système.

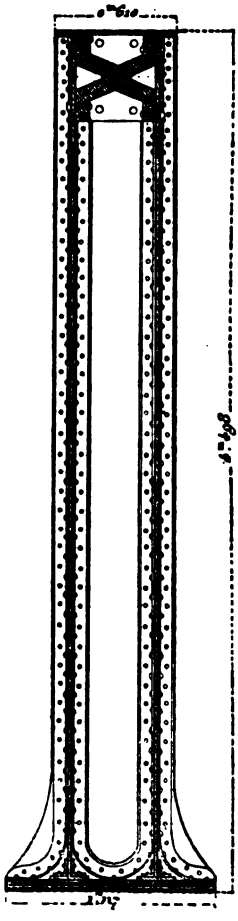


Fig. 51.

L'indépendance des deux voies paraît être, dit cet habile ingénieur après avoir savamment discuté les avantages et les inconvénients des deux systèmes, la combinaison qui offre le plus de garanties, parce que tous les efforts s'y développent symétriquement, que tout le système travaille, pour ainsi dire, carrément. Il se prononce également pour la continuité des travées dans le cas des ponts à grande portée et préfère l'indépendance pour des ouvertures médiocres.

Quelques ingénieurs anglais ont admis, jusque dans ces derniers temps, l'emploi simultané de la fonte et du fer dans la construction des ponts, mais en limitant la fonte aux parties de ces ouvrages chargées de résister exclusivement à la compression ou à des flexions transversales modérées. Nous pourrions citer dans ce système le pont de Newark, sur le chemin de fer du Great-Northern (fig. 50), d'une longueur de poutres de 259 pieds (78m,94). Les parties foncées de la gravure font distinguer les pièces en fonte qui sont employées dans les constructions et assemblées avec les parties en fer forgé.

Nous pourrions donner encore l'exemple du pont de la Mersey, de 52 mètres d'ouverture, formé de trois poutres composées chacune d'un arc supérieur en fonte à section en forme

de X, relié avec une plate-bande inférieure en feuilles de tôle rivées, par une double paroi verticale en tôle mince maintenue rigide par des contre-forts et des nervures également en tôle (fig. 51).

Nous donnons ici une travée du beau viaduc de Crumlin (fig. 52), construit dans le même système et supporté par

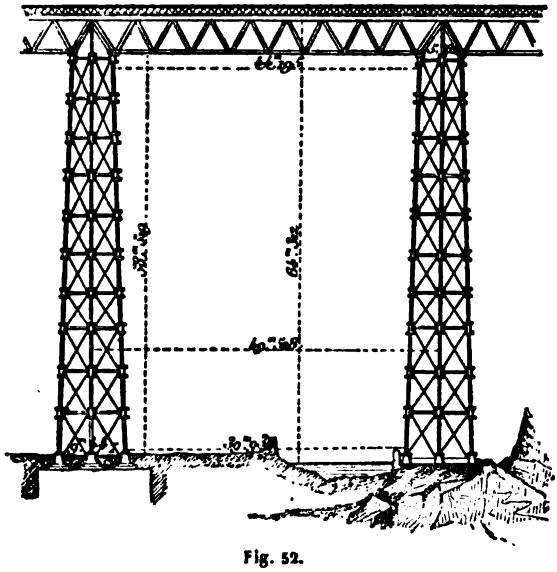


Fig. 52.

deux piles composées de colonnettes de fonte reliées entre elles horizontalement par des châssis en fonte, et verticalement par des croix de Saint-André en fer de faible épaisseur, ce viaduc a 498 mètres de longueur entre les culées.

Il nous reste à dire quelques mots des ponts suspendus construits aux États-Unis. La description suivante du beau pont de la Harper, sur le chemin de Baltimore à l'Ohio, est empruntée à un manuscrit inédit de M. Grenier.

Ce pont (fig. 53), établi pour une voie, est composé d'un tablier en bois suspendu à deux fermes en fer et fonte dont les extrémités reposent sur de légers supports en maçonnerie.

La poutre en fonte est creuse, sa figure extérieure est octogonale; elle est formée de huit parties de chacune $4^m,73$ de longueur assemblées à manchon ; les surfaces de contact sont légèrement arrondies de manière que les flexions du système ne produisent pas d'efforts obliques sur la poutre. Chaque joint repose sur le chapiteau d'une colonnette en fonte dont le pied est relié par deux tirants en fer aux extrémités de la poutre, et supporte, au moyen de boulons de suspension, les poutres en bois ou pièces de pont.

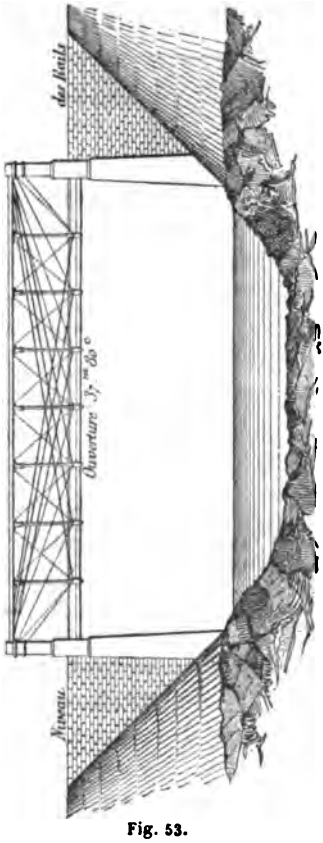


Fig. 53.

Par cette disposition, le poids du tablier et des surcharges accidentelles agissant à chaque colonnette, est reporté par les tirants en fer sur les deux points d'appui. Les pressions horizontales résultant de l'inclinaison de ces tirants se font équilibre par l'intermédiaire de la poutre en fonte qui n'est soumise qu'à des efforts de compression. La ferme est complétée par des croix de Saint-André très-légères en fer forgé reliant les extrémités des colonnettes, et qui servent de pièces auxiliaires en cas de rupture d'une ou plusieurs tringles principales.

Les poutres en fonte des deux fermes sont reliées dans le plan horizontal par un système de croix de Saint-André en fer et de pièces d'écartement en fonte correspondant aux colonnettes. L'ensemble du pont a ainsi la figure d'un tube rectangulaire formé d'un réseau de barres de fer et de fonte.

Dans la combinaison des pièces en fer forgé et en fonte qui constituent les fermes du pont sur la Harper, le fer est soumis à des efforts d'extension et la fonte à des efforts de compression ; les deux métaux sont donc employés dans les conditions qui permettent d'utiliser le mieux possible leurs propriétés. La résistance à la flexion des parties constitutives du système n'entrant pas en jeu, toutes les fibres travaillent également, pourvu que la section des barres soit proportionnée aux forces qui agissent suivant leur axe. La différence entre l'élasticité des deux métaux ne peut être présentée comme une objection à leur combinaison, puisque tous les assemblages sont articulés.

Ce système, qui présente la légèreté des ponts suspendus, a sur ceux-ci l'avantage que toutes ses parties peuvent être visitées et garanties facilement de l'oxydation, et que sa rigidité met un obstacle à l'amplitude des vibrations.

Il y a lieu d'observer en outre que les efforts de tension sont répartis sur un grand nombre de pièces indépendantes, et que la rupture d'une des barres ne saurait avoir de conséquences graves.

Le pont sur la Harper a $37^m,82$ d'ouverture ; sa hauteur, mesurée entre les boulons d'assemblage des tirants est de $5^m,20$.

Le poids agissant sur chaque ferme est évalué comme suit :

Poids du fer et de la fonte.	$10\,982^k,08$
— de la charpente.	$6\,801^k,30$
— de la surcharge.	$73\,429^k,28$
— représentant les forces vives dues au choc.	$11\,335^k,50$
	$102\,548^k,16$

Sous ce poids, l'effort supporté par les tirants en fer est de $7254^k,72$ par pouce carré ; leur résistance absolue étant

de 36 273^{k},60, ce qui correspond à 11^{k},23 par millimètre carré.

Ce pont, depuis sa construction, a été exposé aux températures les plus extrêmes et à un passage journalier de 20 trains en moyenne. Dans les conditions les plus défavorables de température et de charge, la flèche n'a pas dépassé 16 millimètres environ.

Ponts tournants. — Il faut éviter autant que possible, sur les chemins de fer, les ponts tournants (fig. 54) qui sont une

Fig. 54.

cause d'accident. Toutefois on en rencontre en assez grand nombre sur les chemins de fer belges, et quelques-uns en Angleterre et en France.

Souterrains. — Les souterrains sur les chemins de fer sont nombreux. Les plus remarquables sont le souterrain de la Nerthe, sur le chemin d'Avignon à Marseille, long de 4600 mètres ; celui de Blaisy, sur le chemin de Lyon, mesurant 4000 mètres ; celui de Rilly, sur l'embranchement de Reims, d'une longueur de 3500, et celui de Hommarting, sur le chemin de Strasbourg, n'ayant que 2780 mètres.

Sur le chemin de Roanne à Tarare, tronçon du chemin de Lyon par le Nivernais, récemment concédé, on sera obligé de

percer un souterrain plus long encore que celui de la Nerthe, il aura 6000 mètres de long.

Les méthodes qui ont été suivies pour le percement de ces souterrains sont celles usitées depuis longtemps.

Construction de la chaussée. — Après avoir au moyen des travaux de terrassement et des travaux d'art adouci convenablement la pente du terrain sur la ligne que doit suivre le chemin de fer, il convient de ne pas poser encore la voie au fond des tranchées ou sur la crête des remblais et même sur les ponts en maçonnerie. Le sol, généralement terreux, des tranchées ou des remblais, se convertissant en une boue épaisse, cesserait d'offrir une base suffisamment solide, et la voie ne tarderait pas à se déranger, de telle façon qu'il deviendrait impossible de la parcourir à grande vitesse.

La maçonnerie étant, au contraire, trop rigide, le passage des ponts deviendrait fatigant en même temps pour le voyageur et pour le matériel si elle se trouvait en contact immédiat avec la voie.

Il est donc absolument nécessaire d'interposer entre le terrain naturel ou les assises de maçonnerie et la voie en fer une chaussée artificielle, perméable à l'eau, qui soit moins susceptible que le sol naturel de se déformer et moins rigide que la maçonnerie.

On appelle *ballast* la matière dont se compose cette chaussée ; le sable est le ballast le plus généralement employé.

Dans les tranchées, la chaussée est toujours bordée des deux côtés par des fossés dans lesquels se réunissent les eaux qui coulent le long des talus et celles qui proviennent de la chaussée elle-même.

Il est essentiel que la chaussée qui porte la voie en fer soit toujours aussi sèche que possible. Il ne faut donc négliger aucun moyen de donner écoulement aux eaux qui pourraient la détruire.

La capacité des fossés doit être proportionnée à la plus

grande quantité d'eau que peuvent y amener les pluies les plus abondantes, et leur profondeur doit être au moins aussi grande que l'épaisseur de la chaussée.

Les longues tranchées sont souvent difficiles à dégorger; sur le chemin de Versailles (rive gauche), on vide les fossés de la grande tranchée de Clamart au moyen de *puits absorbants* creusés de 500 mètres en 500 mètres. Ces puits doivent atteindre une couche *absorbante*, c'est-à-dire une couche qui retienne toutes les eaux qu'on y jette. Ce n'est que dans un petit nombre de terrains, d'une composition analogue à celle des terrains des environs de Paris, que l'on trouve de pareilles couches.

Avant d'établir la chaussée au fond des tranchées, on donne au sol une légère inclinaison partant de l'axe du chemin vers l'emplacement des fossés; sur les remblais, dont le tassement est toujours plus fort vers les bords que sur l'axe, cette opération n'est pas nécessaire.

Le sol étant ainsi préparé, on étend une première couche de ballast sur une épaisseur de 25 à 30 centimètres; on la pilonne avec des espèces de dames de paveur. Le transport de ce ballast se fait en général dans des wagons de terrassement versant de côté (voy. page 327), et traînés par des chevaux sur une voie de fer provisoire posée *directement* sur le sol à l'emplacement de l'une des voies définitives. Cette première couche de ballast servant de fondation à l'une des voies définitives, la pose peut en être immédiatement commencée.

Cette voie définitive est employée au transport ultérieur du ballast, et l'on peut activer ce transport qui se fait dans des wagons d'ensablement (voy. page 330) au moyen de machines locomotives.

Que l'on se serve de dés, de traverses ou de longuerines comme moyen de fondation pour la voie de fer, il est très-important que ces supports reposent par une large base sur la couche de sable et la touchent par tous leurs points. Nous nous écarterions de notre but si, dans cet ouvrage élémentaire, nous

entrions dans les détails des précautions à prendre pour remplir cette condition. On les trouvera, si on désire se livrer à une étude approfondie du sujet, dans l'ouvrage que nous avons publié avec M. Polonceau sous le titre de *Portefeuille de l'Ingénieur*.

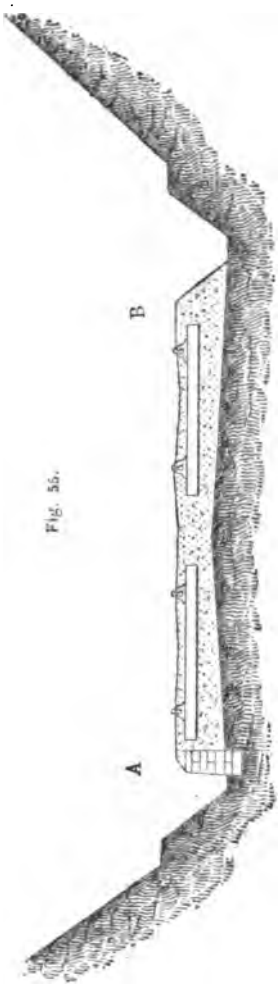


Fig. 55.

Les supports de la voie placés et bien assis sur leur base, on remplit encore avec du sable bien pilonné l'espace qu'ils laissent entre eux, de manière à les envelopper parfaitement, précaution nécessaire pour les maintenir dans leur position et pour préserver les bois de la pourriture. La chaussée est alors complétée. *Un bon ensablement de la voie est une condition de durée pour le chemin et de sécurité pour les voyageurs.*

Sur une voie mal ou médiocrement ensablée, non-seulement les traverses se détruisent rapidement ou se déplacent facilement, mais on s'expose aux plus graves accidents lorsque les machines sortent de la voie.

Dans les tranchées, le ballast est quelquefois soutenu le long des fossés par de petits murs en *pierre sèche* (fig. 55, A), c'est-à-dire par des murs en pierres simplement juxtaposées sans interposition de mortier et perméables à l'eau. D'autres fois, c'est le talus naturel de la couche de sable elle-même qui borde le fossé (fig. 55, B).

Sur le remblai, les fossés sont supprimés, et les talus de la couche de sable font suite à ceux du remblai ; l'eau s'écoule de

part et d'autre ou pénètre dans l'intérieur. Mais comme les grands remblais tassent toujours plus ou moins, on conserve, lors de la construction, deux petites banquettes sur la crête du remblai. A mesure que le tassement a lieu, on relève la voie en rapportant de nouvelles épaisseurs de ballast sous les supports; et, comme la crête de ce ballast doit conserver toujours la même largeur, sa base s'étend et ses talus finissent par se raccorder avec ceux du remblai.

Sur des terrains très-mous, délayés par des courants d'eau, ou sur des terrains marécageux, il serait impossible, sans de certaines précautions, d'établir une voie durable.

Au chemin de Versailles (rive gauche), comme le terrain, au fond d'une tranchée, était tellement mou qu'il ne pouvait porter les objets même les plus légers, on a, pour établir la chaussée, commencé par enfoncer des files parallèles de planches jointives (palle-planches) des deux côtés de l'emplacement de chacun des fossés. On a vidé les terres jusqu'à une certaine profondeur entre les planches qui soutenaient les parois de la fouille, et on a construit dans cette excavation des murs en pierre sèche. Il s'est trouvé alors entre les fossés une couche de terre dont l'épaisseur était égale à leur profondeur, desséchée par le fait seul de leur creusement. On a extrait cette couche sur la plus grande partie de son épaisseur, on a étendu au fond de cette excavation une couche de pierres d'un certain volume, faisant autant que possible corps les unes avec les autres; et enfin, sur cette couche, on a construit la chaussée et posé la voie.

Les terrains marécageux sont ou de faible profondeur et faciles alors à dessécher, ou de grande profondeur, et tels qu'on ne puisse en détourner aisément les eaux.

Si le terrain est facile à dessécher, on retombe dans l'un des cas précédents.

S'il a peu de profondeur et que l'on ne juge pas facile ou convenable de le dessécher, on enfonce des pilotis dans le terrain solide sur lequel pose le terrain marécageux; on réunit

les têtes de ces pilotis par des *longuerines;* on pose des *traversines*, et sur ces traversines un nouveau cours de longuerines qui porte les rails. C'est ainsi que l'on a établi le chemin dans certains marais de la Caroline du Sud, aux États-Unis, et à Pontypool, dans le pays de Galles. On peut encore, dans ce cas, combler avec des déblais solides la partie du marais qu'on veut traverser.

Le marais est-il profond comme celui de Chatmoss, sur le chemin de Liverpool à Manchester, il faut recourir à un autre expédient. On établit alors la chaussée sur un lit de fascines d'une grande largeur; de cette manière, on divise sur une très-grande surface le poids de la chaussée et les convois qui la parcourent, et le chemin flotte, pour ainsi dire, sur le marais comme un radeau sur une rivière.

La solidité de la chaussée d'un chemin de fer, et, par suite, du chemin de fer lui-même, ne dépend pas seulement du plus ou du moins de soin apporté dans sa construction. Le choix des matériaux qui le composent exerce également la plus grande influence sur sa résistance et sa durée.

Nous indiquerons plus loin les conditions que doivent remplir ces matériaux.

CHAPITRE VII.

ÉTABLISSEMENT DE LA VOIE.

DESCRIPTION.

Rails et accessoires. — En général, la voie des chemins de fer se compose de rails en fer, en bois et fer ou en fonte, fixés directement, ou par l'intermédiaire de pièces en fonte, sur des traverses en bois ou des dés en pierre.

Les traverses sont des pièces de bois posées perpendiculairement aux rails et qui supportent les rails (fig. 56). On les a employées sur les chemins établis déjà vers le milieu du XVIIe siècle près de Newcastle.

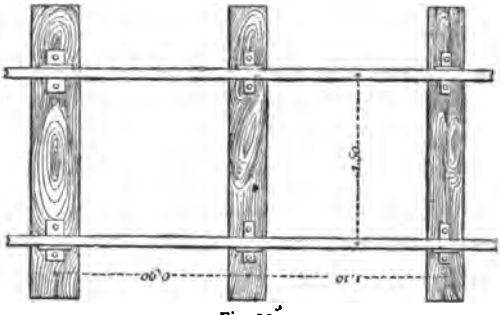


Fig. 56.

Les dés sont des pierres de forme prismatique à base carrée, posées sous chacune des files de rails (fig. 57). On s'est servi de dés pour la première fois en 1797.

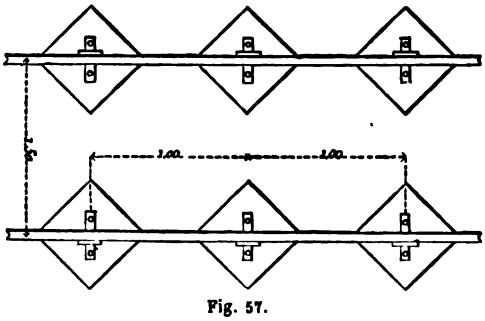


Fig. 57.

Les traverses doivent toujours être employées de préférence aux dés sur les terrains de remblai, parce que le tassement de ces terrains et, par suite, l'abaisse-

ment des rails étant inévitables, il est bien plus facile de relever une voie posée sur des traverses qu'une voie posée sur des dés. Sur le chemin de Montpellier à Cette, où l'on avait commis la faute de se servir de dés sur les remblais, force a été de les remplacer bientôt par des traverses.

Dans les tranchées on pose les chemins de fer tantôt sur dés, tantôt sur traverses. *L'usage des traverses est cependant aujourd'hui général, même sur les terrains les plus résistants.* Les motifs de la préférence qui leur est accordée sont, que les traverses relient les deux files de rails d'une même voie, de manière à en maintenir l'écartement et à en rendre le tassement moins inégal, qu'elles sont plus faciles à relever que les dés lorsque les voies s'abaissent, et enfin, que si elles sont en bois, et qu'elles jouissent d'une certaine élasticité qui rend le mouvement des voitures plus doux, circonstance qui est favorable à la conservation du matériel et diminue la fatigue des voyageurs.

On objecte à l'emploi des traverses en bois la nécessité où l'on se trouve de les renouveler fréquemment. C'est ce qui a conduit, comme nous le verrons plus loin, à essayer différents moyens dans le but d'en augmenter la durée, ou à leur substituer, sur quelques chemins, des traverses en fer.

En France, en Belgique et en Allemagne, les traverses sont ordinairement en chêne, parce que ce bois se conserve mieux. Le sapin résineux a été également employé avec avantage en Belgique et en Allemagne.

En Angleterre, où le chêne est rare, les traverses sont presque toujours en sapin[1].

Tantôt les traverses sont en bois équarri; tantôt en rondins fendus par le milieu à la scie et reposant sur le ballast par la surface plane; tantôt à section triangulaire, obtenue en refendant par deux traits de scie diagonaux une pièce de bois équarrie.

1. Au Mexique, le chemin de l'isthme de Panama est posé sur des traverses de bois de gayac. On a reconnu que sous l'influence de ce climat tropical les autres essences de bois pourrissent rapidement.

Dans ce dernier cas, elles portent sur le ballast par une de leurs arêtes (fig. 58).

Les traverses équarries sont préférables aux demi-rondes, parce qu'elles sont presque entièrement purgées d'aubier.

Fig. 58.

Les traverses triangulaires ont eu beaucoup de vogue en Angleterre il y a quelques années, mais on les a complétement abandonnées depuis, parce qu'elles manquent de stabilité.

Sauf dans quelques mines d'Allemagne et sur certains railways aux États-Unis, où ils sont en bois, les rails sont aujourd'hui tous en fonte, ou en fer, ou en bois et fer. La fonte, employée exclusivement jusqu'en 1815, *est aujourd'hui complétement abandonnée sur les chemins à grande vitesse, et même sur la plupart des chemins à petite vitesse.*

Le principal défaut des rails en fonte est d'être fragiles; ceux en fer ont encore l'avantage d'être fabriqués beaucoup plus longs (6 mètres au lieu de $1^{m},20$), ce qui diminue le nombre des joints et, par conséquent, des secousses qui ont lieu au passage des joints.

Quoique la fonte soit moins chère que le fer, les rails en fonte, à résistance égale, sont plus coûteux que ceux en fer. En effet, la fonte destinée à la fabrication des rails étant de première qualité, tandis que le fer est de seconde qualité, les rails en fonte, à poids égal, coûtent presque aussi cher que ceux en fer; mais comme les rails en fer offrent, à dimensions égales, beaucoup plus de résistance que ceux en fonte, on les fait généralement plus légers, ce qui rend ces derniers plus dispendieux.

Le fer s'oxyde, dit-on, plus facilement que la fonte : d'où l'on concluait que les rails en fer devaient être rapidement détruits par la rouille. L'expérience a démontré que les craintes que l'on avait à cet égard n'étaient pas fondées. Les rails étant en place sur un chemin exploité, il paraît se produire des courants électriques qui en préviennent l'oxydation. Quelquefois

les rails s'exfolient, mais cela n'arrive que lorsqu'ils sont mal fabriqués, c'est-à-dire lorsque la soudure du paquet qui doit être transformée en rail est mal faite, ou lorsque ce paquet est mal composé[1].

On a aussi objecté l'usure rapide du fer par le frottement. Si les rails en fonte ont de l'avantage sur ceux en fer, sous ce rapport, ce n'est jamais que pour les premiers temps de leur mise en service. En effet, les rails en fonte sont toujours composés d'une croûte mince extérieure fort dure et d'un noyau plus tendre; une fois la croûte usée, le rail est promptement détruit.

On a substitué les rails en fonte à ceux en bois et fer vers l'année 1780.

Les premiers chemins avec rails en fer furent établis, en 1810, dans les houillères de lord Carlisle en Cumberland, en même temps que d'autres avec rails en fonte. Après huit ans de service, les rails en fer étaient en meilleur état que les rails en fonte; et, dès lors, le célèbre ingénieur Georges Stephenson émit l'opinion que les rails en fer étaient préférables à ceux en fonte. Toutefois, malgré l'autorité de Stephenson, les rails en fer laminé eurent pendant longtemps encore de nombreux adversaires.

Les rails à bande plate, encore employés dans quelques mines et usines, sont presque toujours en fonte. La figure 58 représente la section d'une voie posée avec ces rails. Quand l'usage en était encore général, leurs formes variaient à l'infini, et ils étaient fixés tantôt sur longuerines, tantôt sur traverses, tantôt sur dés en pierre. On a commencé à leur substituer le rail à bandes saillantes dès l'année 1789.

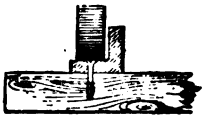


Fig. 58.

Sur les chemins de fer temporaires établis pour l'usage des travaux de terrassement ou pour le transport des matériaux, on se sert fréquemment de simples barres de fer méplat posées

1. Voir plus loin les indications données pour la composition des paquets.

de champ sur des traverses dans des encoches (fig. 60 et 61), et fixées au moyen de coins en bois.

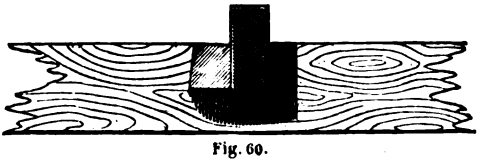


Fig. 60.

Quand les véhicules sont lourds, ce rail, pour être assez résistant, deviendrait fort pesant; d'ailleurs il serait trop étroit et mettrait promptement hors d'usage les roues des wagons; il fléchirait

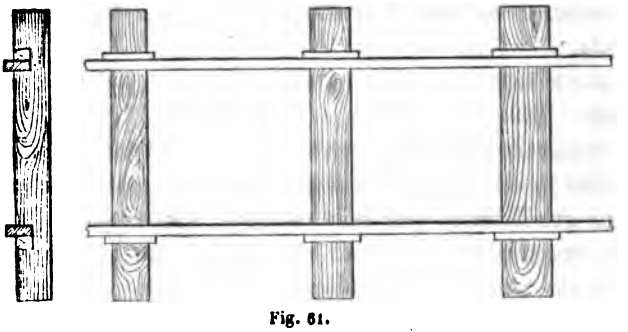


Fig. 61.

latéralement sous l'action des bourrelets des roues dans les courbes, ses joints se désaffleureraient trop facilement, et les

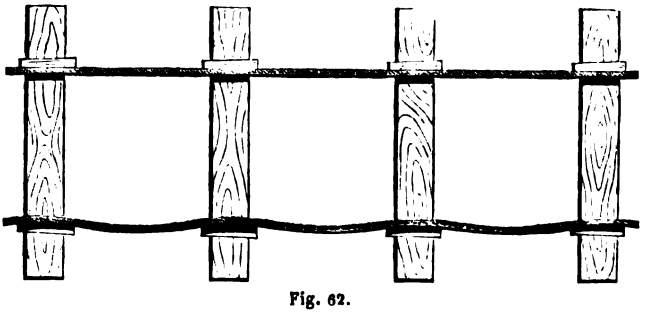


Fig. 62.

rails, du côté extérieur de la courbe, se courberaient comme l'indique la figure 62.

On a donc été conduit à élargir les rails en fer ou en fonte, dans leur partie supérieure, afin que les roues reposent sur une plus grande surface, et à les fixer, comme nous allons l'indi-

quer, à la traverse, par l'intermédiaire de la pièce en fonte nommée coussinet ou chair, de manière à rendre le mode d'assemblage avec les traverses plus parfait. Les rails de ce genre s'appellent *rails à champignon*.

Les premiers rails à champignon employés sur les chemins de Saint-Étienne à Lyon et de Roanne à Andrezieux avaient la forme (fig. 63). Le coussinet se composait d'une semelle reposant sur la traverse et de deux saillies S et S' venues de fonte sur cette semelle (fig. 64). Le bourrelet placé au bas du rail se logeait dans une cavité semi-circulaire ménagée dans la saillie la moins élevée, et le rail s'appuyant sur cette saillie était maintenu par un coin en bois C remplissant l'espace qui le séparait de l'autre saillie. Le coussinet était fixé à la traverse par des chevilles en fer.

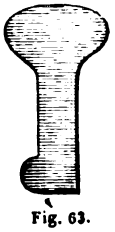


Fig. 63.

La petite saillie du coussinet était à l'intérieur de la voie, le bourrelet des roues frottait dans les courbes contre la

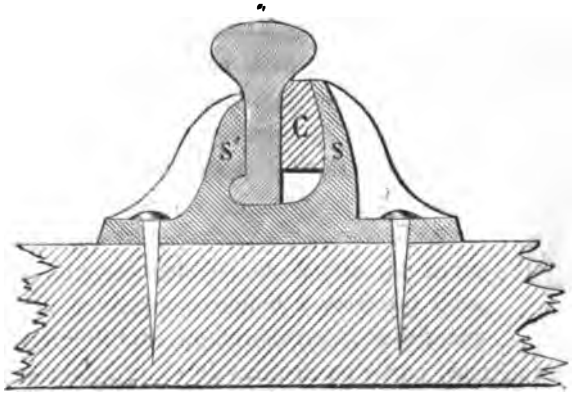


Fig. 64.

face latérale du champignon la plus voisine de cette saillie, et, cette face usée, il n'était pas possible de retourner le rail bout par bout afin de la remplacer par la face extérieure. C'est ce qui a déterminé à ajouter un second bourrelet symétriquement au premier, de manière à obtenir le

rail (fig. 65). Enfin, on a fait des rails (fig. 66) dans lesquels les bourrelets sont remplacés par un champignon absolument semblable au champignon déjà existant. Ces derniers rails peuvent non-seulement se retourner bout par bout, ils peuvent encore se retourner sens dessus dessous. On a ainsi la faculté de substituer le champignon inférieur au champignon supérieur usé ou fatigué.

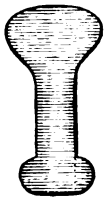


Fig. 65.

La plupart de nos grandes lignes ont été établies avec des rails à double champignon; mais il arrive que dans ces rails ainsi que dans ceux à simple champignon, comme l'a fort bien indiqué M. Léon Coste, ancien directeur des forges de Decazeville[1] et du chemin de fer de Saint-Étienne à Lyon, le métal n'est pas homogène. Celui qui compose le champignon est moins dense, moins bien épuré que celui qui forme la tige. Pour éviter ce défaut, M. Coste avait adopté, pour le chemin de Saint-Étienne, un rail d'épaisseur uniforme (fig. 67) avec bourrelets dans le haut et dans le bas; mais comme, afin d'éviter l'emploi d'une trop grande quantité de métal, il avait été obligé d'en diminuer la hauteur, le rail se trouva trop flexible et on revint au rail à champignon.

Fig. 66.

Fig. 67.

Sur le chemin de Versailles (rive gauche), on se servit de rails à simple champignon, du même poids que ceux à double champignon, reportant la quantité de métal enlevée aux extrémités du champignon inférieur, partie en dessous du champignon supérieur, partie le long de la tige (fig. 69). On obtint ainsi un rail de

1. *Journal de l'Industriel et du Capitaliste*, année 1836. « Le fer dans les rails à champignon, dit M. Coste, n'est bien comprimé que dans la partie mince du rail, mais il est refoulé dans toutes les parties arrondies et saillantes. Si on brise la barre, on remarque que la partie mince est d'un grain bien plus serré et bien plus homogène que le champignon qui, souvent, laisse voir des portions creuses et mal soudées.

même hauteur que le rail à double champignon, du même poids, un peu plus flexible, mais encore suffisamment rigide, dans lequel le champignon supérieur était mieux soutenu, et dont le métal, sans être entièrement homogène, était d'une qualité plus uniforme. Ce rail, à la vérité, ne pouvait pas se retourner sens dessus dessous; mais cet avantage est beaucoup moins grand qu'on ne serait porté à le supposer.

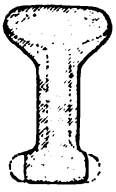


Fig. 68.

Remarquons, en effet, que lorsqu'en retournant le rail on fait prendre au champignon supérieur la place du champignon inférieur, ce champignon supérieur, déformé par le frottement, ne se loge qu'imparfaitement dans le coussinet, et que ce dernier, substitué au champignon supérieur, est déjà très-fatigué; car le rail ne s'altère pas seulement par le frottement : les barres de fer fléchissant entre les appuis au passage des convois et se redressant ensuite, le bas souffre autant que le haut de ce double mouvement. Aussi observe-t-on que les rails retournés au bout de quelques années durent fort peu de temps. M. Bergeron, qui a été, en même temps, ingénieur en chef des deux chemins de fer de Versailles, rive gauche et rive droite, construits la même année, avec des rails du même poids, provenant de la même usine, les premiers à simple champignon et les seconds à double champignon, a constaté que ceux à simple champignon s'étaient beaucoup mieux comportés que les autres.

Le mouvement a été, à dire vrai, un peu moins grand sur la rive gauche que sur la rive droite. Le fait signalé par M. Bergeron n'en est cependant pas moins très-remarquable.

Les rails devant être introduits, quand on les renouvelle, dans le coussinet de haut en bas, ceux à simple champignon ont encore le mérite de permettre l'emploi de coussinets moins larges et par conséquent moins coûteux. On pourrait au besoin augmenter le poids du rail en y appliquant l'économie faite sur le poids du coussinet.

Quelques ingénieurs, conservant à la tige du rail à simple

champignon la même épaisseur qu'à celle du rail à double champignon, et au champignon les mêmes dimensions, ont employé une partie du fer détaché du champignon inférieur à allonger cette tige comme l'indique la fig. 69. Le rail devient alors plus rigide, mais le métal n'y est pas de meilleure qualité que dans le rail à double champignon, et le champignon n'y est pas plus durable. On peut encore employer le fer enlevé au champignon inférieur en partie à allonger la tige, en partie à améliorer le champignon (fig. 68).

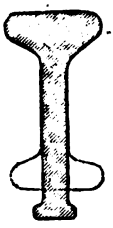


Fig. 69.

On a reproché au rail à simple champignon d'être plus difficile à fabriquer que celui à deux champignons. Il résulte en effet, de sa forme, que le refroidissement de la barre étant inégal, elle tend à se courber plus facilement que la barre symétrique; mais on obvie aisément à cet inconvénient en prenant certaines précautions.

Les opinions sur les avantages respectifs des rails à simple et à double champignon sont donc très-partagées, et nous inclinons pour les premiers.

En France, on a posé assez récemment le chemin d'Avignon à Marseille avec des rails à simple champignon, et l'on posera avec des rails de la même espèce toutes les nouvelles lignes du réseau de l'Est ainsi que le chemin de fer Grand-Central.

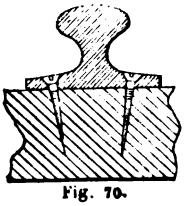


Fig. 70.

En Allemagne, on emploie presque exclusivement un rail à simple champignon, muni à sa partie inférieure d'une semelle au lieu de bourrelets, fig. 70; la semelle repose immédiatement sur les traverses, et le rail est fixé par des crampons ou avec des vis. On supprime ainsi les coussinets. Ce rail est connu sous le nom de *rail américain* [1].

Sur le chemin du Palatinat, entre Sarrebrück et Manheim,

1. On le désigne aussi sous le nom de rail Vignolles, du nom d'un ingénieur anglais, M. Vignolles, qui, le premier, a employé ce rail en Angleterre.

les rails américains pèsent 33 kilogrammes par mètre courant, et ils reposent sur des traverses espacées de $0^m,90$ seulement.

On a reproché au rail américain de se renverser dans les courbes ; on a dit aussi qu'il était plus difficile à remplacer que le rail à champignon. Des ingénieurs allemands, qui en ont fait souvent usage, nous ont affirmé que, lorsque le patin était suffisamment large et convenablement fixé à la traverse, il conservait sa position même dans des courbes de petit rayon, les convois marchant à une assez grande vitesse ; ils nous ont également assuré qu'on enlevait très-aisément les crampons à l'aide d'un appareil fort simple, de façon que le rail pouvait être replacé en très-peu de temps.

Dans l'origine, on a donné à la surface de roulement des rails la forme convexe. Plus tard, on a aplati cette surface, pensant qu'en augmentant ainsi la largeur du contact entre la roue et le rail, on diminuerait l'usure du rail. Mais on a bientôt reconnu que les petites irrégularités inévitables dans la pose de la voie et l'usure des roues qui se creusent en forme de gorge rendaient cette précaution illusoire. Bien plus, on a remarqué que, avec les rails à surface plate, les roues reposaient en général sur une des arêtes du champignon et l'écrasaient. Enfin, les roues étant coniques, elles ne peuvent rouler en ligne droite sur une surface plane sans qu'il y ait glissement, par conséquent frottement et usure. *Aussi en est-on revenu à bomber la surface des rails.*

Quand une roue repose sur un rail, dans l'intervalle d'une traverse à la suivante, elle fait fléchir le rail, et, par cela même, tend à le rompre. L'expérience et la théorie s'accordent à prouver que, toutes choses égales d'ailleurs, cette rupture a lieu au point où repose la roue. Mais l'intensité de l'action qui provoque la rupture est d'autant plus grande que ce point est plus rapproché du milieu de l'intervalle entre les deux supports. Il est donc rationnel de donner aux rails des sections variables, présentant une résistance minima aux points où ils reposent sur les traverses, maxima au milieu de l'intervalle de ces tra-

verses ; et on avait adopté, pour les rails en fonte, la forme dite d'*égale résistance*, représentée dans la fig. 71, dans laquelle la courbe inférieure est sensiblement une ellipse. On avait même imaginé des procédés de laminage fort ingénieux, qui permettaient d'obtenir des *rails ondulés* en fer (fig. 72). Mais on a bientôt reconnu que l'économie de matière obtenue par ce moyen était loin de compenser les défauts suivants, inhérents au système des rails ondulés. Dans les courbes, la file extérieure des rails présente une plus grande longueur que la file intérieure. Avec les rails ondulés, l'écartement des traverses est nécessairement invariable ; les traverses ne peuvent donc pas être normales aux rails. Il arrive aussi assez fréquemment que le terrain s'affaisse sous l'une des traverses et qu'elle cesse alors de servir d'appui. La portée du rail est aussi doublée et sa section est la plus faible précisément au point où il doit résister au plus grand effort. Il est impossible de varier l'écartement des points de support des rails ondulés comme cela peut se faire avec les rails dont la section est la même dans toute leur longueur (rails parallèles). Fig. 73.

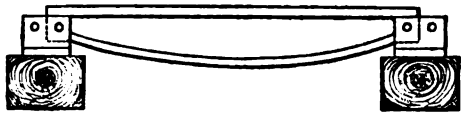


Fig. 71.

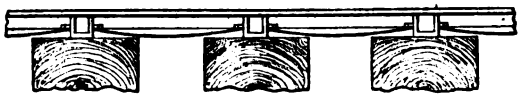


Fig. 72.

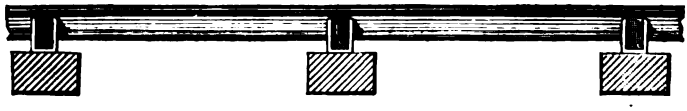


Fig. 73.

Enfin, l'économie que l'on réalise en employant les rails ondulés est bien faible, parce qu'ils sont plus coûteux à fabriquer, et que leur valeur, quand ils sont usés, est bien moindre que celle des rails parallèles qui auraient coûté le même prix.

Aujourd'hui l'on ne fait plus usage que de rails parallèles.

Les dimensions et le poids des rails ont toujours été en croissant, à mesure que les wagons et les machines employés sur les chemins de fer sont devenus plus lourds. Ainsi, les premiers rails des chemins de Saint-Étienne à Lyon, et de Roanne à Andrezieux, ne pesaient que 13 kilogr. par mètre courant, et ceux du chemin de Liverpool à Manchester 17 kilogr.; les coussinets étaient écartés de $0^m,90$. On les remplaça bientôt par d'autres rails pesant 25 kilogr. par mètre courant, et enfin par des rails de 30 à 37 $\frac{1}{2}$ kilogr. supportés à des intervalles de $1^m,20$.

En Belgique, on a d'abord fait usage de rails ondulés, du poids de 17 à 22 kilogr.; puis on leur a substitué des rails parallèles à simple T, de 25 à 27 kilogr., et enfin des rails à double T de 34 kilogr.

Les rails des chemins qui ont été construits dans ces dernières années pèsent de 37 à 42 kilogr. par mètre courant; leur longueur est de $4^m,50$ à 6 mètres. Chaque rail de $4^m,50$ est supporté par trois traverses intermédiaires, écartées de $1^m,25$ l'une de l'autre, et deux traverses de joint qui supportent les abouts des deux rails consécutifs. Les traverses de joint ont, comme nous l'avons vu, des dimensions plus fortes que les intermédiaires, et ne sont écartées de leurs voisines que de 1 mètre.

En rapprochant les traverses, on pourrait diminuer notablement le poids des rails; mais il est reconnu qu'en France et en Angleterre les dimensions et portées que nous venons d'indiquer sont plus avantageuses.

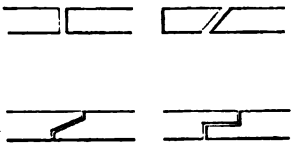


Fig. 74.

En général, les abouts des rails sont coupés carrément; on laisse entre deux rails consécutifs un espace de 3 à 5 millimètres afin qu'ils puissent se dilater librement sous l'influence de la chaleur. On a quelquefois fait les joints des rails obliques ou même à mi-fer (fig. 74); mais

ces dispositions ont été abandonnées parce que ces assemblages coûteux ne sont jamais faits avec assez de précision pour qu'ils évitent complétement les chocs qui ont lieu au passage des joints.

On distingue dans les coussinets (fig. 75) : la semelle, sur laquelle portent les rails ; les joues qui maintiennent le rail latéralement, et les nervures destinées à consolider les joues.

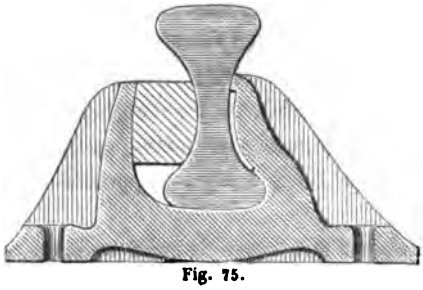


Fig. 75.

Les rails sont fixés entre les joues des coussinets au moyen de clefs de fer ou de coins de bois. Aujourd'hui les clefs en fer sont totalement abandonnées parce qu'elles brisent fréquemment les coussinets et ne maintiennent d'ailleurs pas les rails aussi bien que les coins en bois. En général, on place les coins du côté extérieur de la voie, afin que la pression que les bourrelets des roues exercent sur les rails, surtout dans les courbes, soit transmise à la joue du coussinet par l'intermédiaire d'un corps compressible. Cette disposition permet ainsi de donner aux coins une plus grande hauteur et de les recouvrir entièrement de ballast.

Fig. 76.

Les coussinets sont ordinairement fixés sur les traverses au moyen de chevillettes en fer (fig. 76). A cet effet, la semelle est percée de deux ou quelquefois de trois trous circulaires.

Pour saboter une traverse, c'est-à-dire pour y attacher les coussinets, on commence par fixer ces coussinets, au moyen de coins, sur deux bouts de rails assemblés par des vis aux deux extrémités d'une barre de fer. Cet appareil, appelé gabarit, est disposé de manière que les bouts de rails occupent, l'un par rapport à l'autre, exactement la même position que

les rails de la voie. On fait reposer le gabarit portant les deux coussinets sur la traverse, et l'on trace les entailles qui doivent recevoir ces coussinets. On enlève le gabarit, on exécute les entailles et on les retouche jusqu'à ce que les semelles reposent bien exactement sur la traverse ; on perce les trous de chevillettes et l'on enfonce ces chevillettes à coups de masse ; enfin on enlève les coins et le gabarit.

Si le sabotage n'est pas fait avec le plus grand soin, la voie manque de régularité. En général, on sabote en chantier afin de pouvoir mieux surveiller les ouvriers; quelquefois on a transporté les traverses brutes sur la voie et on les a sabotées en place.

Les coussinets qui sont placés aux joints des rails sont plus lourds que les intermédiaires ; ils en diffèrent par une plus grande largeur de la semelle et quelquefois par l'adjonction d'une troisième chevillette.

On reproche aux chevillettes en fer de s'altérer par l'oxydation, due aux eaux qui séjournent dans les trous des coussinets, et par les chocs qu'elles subissent au passage des trains quand elles ne remplissent pas exactement ces trous.

On a employé sur le chemin de Londres à Douvres, en Angleterre, sur ceux de Tours à Nantes et de Gray à Blesme, en France, des chevillettes en bois comprimé. Sous l'action de l'humidité, ces chevillettes se gonflent et remplissent bien exactement les trous des coussinets. La fig. 77 représente une chevillette en bois avant qu'elle ait été comprimée; la fig. 78 la même chevillette après qu'elle a subi l'opération de la compression.

Fig. 77. Fig. 78.

Au chemin de Montereau à Troyes, on a employé des chevillettes en bois non comprimé. Elles se sont fréquemment pourries et rompues à la jonction du coussinet et de la traverse. Au chemin de Tours à Nantes on est satisfait des chevillettes en bois comprimé ; mais il est à craindre que tôt ou tard elles n'éprouvent le même effet que celles en bois non comprimé.

Quand, au lieu de traverses, on fait usage de dés en pierre, on perce, au droit des trous des coussinets, des trous dans le dé, et l'on y chasse des chevilles en bois dans lesquelles on enfonce à leur tour des chevillettes (fig. 79).

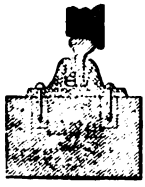


Fig. 79.

Malgré tous les soins apportés dans la fabrication des rails et des coussinets, et dans le sabotage des traverses, les joints des rails sont sujets à se déranger et surtout à se désaffleurer dans le sens horizontal. Il en résulte des chocs au passage des joints, chocs aussi préjudiciables à la conservation du matériel que désagréables aux voyageurs. Pour éviter ces chocs, on a été conduit, sur quelques chemins anglais et allemands, à placer quatre traverses sous chaque rail, les deux extrêmes n'étant écartées des deux bouts du rail que de $0^m,30$ à $0^m,40$. Les joints sont alors formés par deux platines ou *éclisses* en fer (fig. 80) placées des deux côtés de la tige des rails et réunies

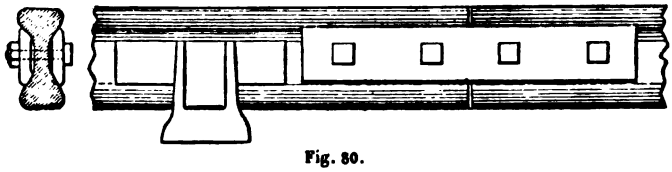


Fig. 80.

par quatre boulons. D'autres fois, on a donné aux coussinets de *joint* la forme représentée dans la fig. 81, et on a rem-

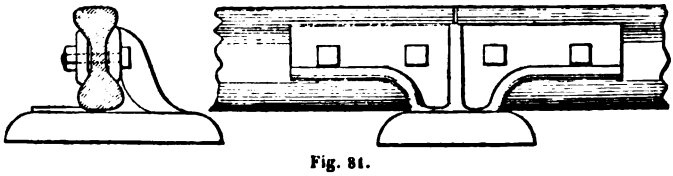


Fig. 81.

placé la joue supprimée par une éclisse. La première disposition s'est beaucoup répandue et sera adoptée sur toutes les nouvelles lignes du réseau de l'Est et du Nord. Les Allemands l'appliquent avec un succès incontestable aux rails américains.

Au chemin de Magdebourg à Halberstadt, on a remplacé les traverses de joint par deux portions de longuerines assemblées avec les traverses voisines. En Autriche on place, sous les traverses de joint, des longuerines qui augmentent ainsi la surface par laquelle ces traverses reposent sur le ballast.

Les premiers railways se composaient de longuerines en bois fixées sur des traverses également en bois. Afin de diminuer l'usure des longuerines et de rendre la surface de roulement plus dure et plus unie, on les recouvrit bientôt de plaques de fer. Dans les pays où le prix de ce métal est peu élevé par rapport à celui du bois, on supprima complétement le bois des rails et on les composa entièrement de fonte et enfin de fer. C'est là l'origine de la voie que nous venons de décrire.

En Amérique, où le bois est à très-bas prix, on a construit néanmoins, il n'y a pas bien longtemps, des chemins de fer à rails en bois garnis d'une mince barre de fer plate fixée au moyen de clous ou de vis à bois (fig. 82). Mais on reconnut bientôt que, dès que le poids des véhicules devenait un peu plus considérable, le bois s'écrasait malgré la bande de fer qui le recouvrait et que les vis s'arrachaient. On fut ainsi conduit à renforcer le rail en fer et à lui donner la forme représentée dans la fig. 83. Ce rail est fixé en Amérique sur des longuerines en bois au moyen de crampons en fer ou de vis à bois. Sur le chemin de Philadelphie à Colombia, en Amérique, on conserva la simple barre de fer, mais on substitua aux longuerines en bois des supports continus en granit.

Fig. 82.

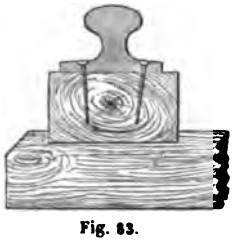


Fig. 83.

On peut considérer le rail américain posé sur longuerines comme un rail composé de bois et de fer. Dans ce système, on peut espacer les traverses plus qu'on ne le fait dans le système ordinaire; et, si la longueur de la voie est considérable, la consommation de bois peut ne pas être

augmentée, tandis que l'on obtient, avec des rails d'un poids comparativement faible, un chemin capable de supporter les plus fortes charges.

M. Brunel a le premier introduit en Angleterre sur le chemin de Londres à Bristol (Great Western) le système des longuerines. Le rail dont il s'est servi présente une forme très-rationnelle, en ce qu'il a une base très-large et que la partie qui est soumise à l'action des roues est parfaitement bien soutenue aux points où les rails à champignon s'écrasent fréquemment. Ce rail est représenté (fig. 84); il est fixé sur les longuerines; son poids, qui était de 22 kilogrammes dans l'origine, a été porté depuis à 27 ½, et enfin à 35 kilogrammes.

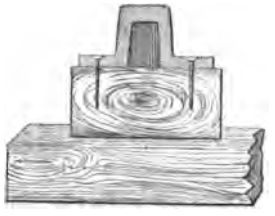


Fig. 84.

Sur la première section du chemin de Londres à Bristol, M. Brunel avait, dans le but de donner plus de solidité à la voie, posé ses longuerines sur des pilots. Ce mode de construction n'a pas tardé à être abandonné, parce qu'il manquait d'élasticité au droit des pilots et qu'il fléchissait beaucoup au passage des machines dans l'intervalle de ces pilots; aujourd'hui le Great Western a sa voie composée de longuerines réunies par des traverses espacées de 3 à 4 mètres.

On a construit un assez grand nombre de chemins de fer avec longuerines, soit en Angleterre, soit en Allemagne, soit en Hollande. En France, les chemins d'Auteuil, de Dôle à Salins, une partie de ceux du Midi et celui de Gray à Saint-Dizier sont construits avec les rails Brunel posés sur longuerines. Tantôt on a employé le rail américain, tantôt

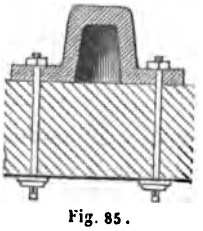


Fig. 85.

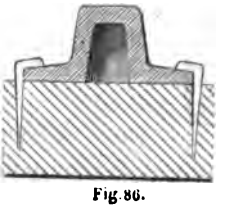


Fig. 86.

le rail Brunel; ce dernier a été souvent préféré. Les rails ont été fixés partie au moyen de boulons (fig. 85), et partie au moyen de crampons à talons (fig. 86). Les boulons forment le mode d'attache le plus solide, mais ils présentent plusieurs inconvénients. Si leur écrou est en dessous, ils sont difficiles à enlever; si au contraire il est en dessus, il faut donner au rail une grande hauteur, afin que les boudins des roues ne viennent pas les rencontrer. Enfin les boulons, devant passer dans des trous percés dans les pattes du rail, ne peuvent être changés de place. Ils présentent ce dernier inconvénient comme les vis.

Les crampons sont enfoncés dans la longuerine en dehors du rail; leur tête vient s'appuyer sur les pattes de ce rail. Ils permettent ainsi la dilatation du rail et peuvent être changés de place, mais ils font fréquemment fendre les longuerines.

Quel que soit le mode d'assemblage des rails et des longuerines, il faut placer dans les joints des rails des plaques en fonte ou en fer; sans cette précaution, le bois s'écrase en fort peu de temps.

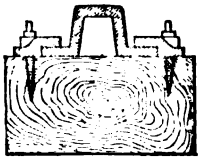


Fig. 87.

Au chemin d'Auteuil les rails sont fixés sur les longuerines au moyen de petites pattes en fonte serrées au moyen de vis à tête carrée (fig. 87).

Au premier abord, le système des longuerines semble préférable à celui des rails posés sur traverses. En effet, les rails supportés uniformément dans toute leur longueur doivent fléchir moins que ceux qui ne le sont que de distance en distance. Néanmoins, ce mode d'établissement de la voie présente plusieurs inconvénients graves qui l'ont fait abandonner sur les chemins allemands.

Les longuerines sont coûteuses de fabrication. On ne peut pas, comme pour les traverses, y employer des bois bruts ou grossièrement équarris. Exigeant plus de façon, elles ne peuvent être faites que par des ouvriers spéciaux que l'on n'a pas toujours sous la main et qui coûtent fort cher. Le mode d'attache

des rails sur les longuerines est compliqué et toujours plus ou moins défectueux; le relevage d'une voie de ce système est plus difficile que celui d'une voie posée sur traverses; les longuerines régnant sur toute la longueur de la voie gênent l'écoulement des eaux de la chaussée vers les fossés; enfin le métal des rails Brunel paraît beaucoup plus fatigué dans la fabrication que celui des rails ordinaires.

Les ingénieurs américains, qui ne reculent pas devant les essais, ont expérimenté toute espèce de systèmes de voie, à l'exception du rail Barlow, dont ils n'ont pas encore fait usage.

Le rail le plus anciennement employé est celui fig. 88. On s'en est servi au chemin de Long-Island, entre New-York et Boston; sa longueur était de 5 mètres; son poids, par mètre courant, de 15 kilogrammes environ. Le coussinet avait la forme indiquée sur la figure, et le rail y était fixé au moyen d'une clavette en fer; ce coussinet portait sur des traverses. Ce rail est actuellement remplacé par le rail à patin.

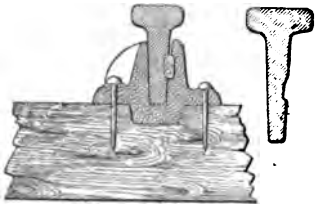


Fig 88.

Les Américains se sont aussi préoccupés des joints; ils ont cherché à faire des rails composés de deux parties boulonnées dans lesquelles les joints se croisaient (fig. 89); ce rail a été essayé sur le chemin du Nord à Érié; mais ce système n'a pas eu grand succès, non plus que celui (fig. 90) qui a été employé sur le chemin de Baltimore à l'Ohio; ils n'ont pas encore songé à employer les éclisses.

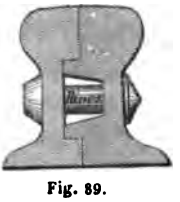


Fig. 89.

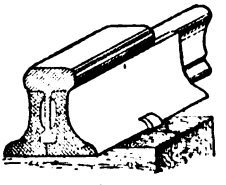


Fig. 90.

Le rail à patin est employé maintenant presque exclusive-

ment en Amérique aussi bien qu'en Allemagne : il pèse de 25 *à* 32 *kilogrammes ;* ses dimensions, en hauteur et largeur, varient suivant les chemins. La figure 91 représente celui employé au chemin de Philadelphie à Baltimore : il pèse 31 kilogrammes 56. La figure 92 reproduit le rail du chemin de Hicaga à Galène : son poids est de 28 kilogrammes par mètre courant. La longueur de ces rails est de 5 à 6 mètres ; ils sont posés et fixés sur les traverses au moyen de crosses en fer ; dans les joints on place

Fig. 91.

Fig. 92.

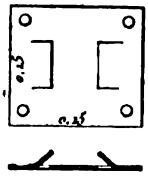


Fig. 93.

une platine en fer (fig. 93) dans laquelle on découpe à l'emporte-pièce deux languettes de fer qui saisissent les pattes du rail : ces platines ont $0^m,16$ sur $0^m,15$ de côté.

Les coussinets employés dans les voies ordinaires ont des formes variées que nous allons décrire. En général, la petite saillie contre laquelle s'appuie le rail est évidée intérieurement, comme l'indique la figure 76. Diminuant ainsi la surface de contact, on a plus de chances de l'obtenir bien unie. Généralement aussi on évide le coussinet en dessous, afin d'en diminuer le poids. Anciennement, la face intérieure du coussinet, sur laquelle repose le rail, était parallèle à la face, qui repose sur la traverse. Le coussinet était logé dans une entaille faite à la traverse (fig. 94), et on donnait au fond de l'entaille une inclinaison de $\frac{1}{20}$ vers l'axe de la voie, en sorte que la surface du champignon supérieur avait la même inclinaison. Cette inclinaison est aussi celle des roues coniques en usage sur les chemins de fer. La surface de roulement étant plate, reposait sur toute son étendue ; cette surface, étant bombée, repose sur le sommet du champignon, au-dessus

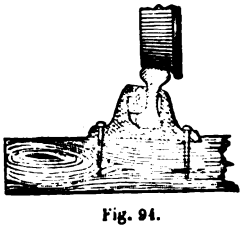


Fig. 94.

de la tige. On a reconnu qu'il était fort difficile d'obtenir des charpentiers assez de précision pour que l'inclinaison de l'entaille fût toujours exactement de $\frac{1}{20}$, et on a remplacé l'entaille à fond incliné par une entaille à fond horizontal. On donne alors l'inclinaison au rail en la donnant au moulage à la face intérieure du coussinet, sur laquelle repose le rail (fig. 95).

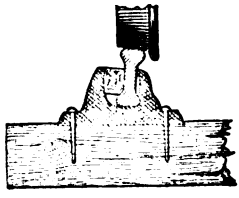


Fig. 95.

Dans la plupart des coussinets employés sur nos grandes lignes, les deux trous dans lesquels se logent les chevillettes sont placés sur une perpendiculaire à l'axe du chemin. Il en résulte que les deux chevillettes rencontrant les mêmes fibres de la traverse, celle-ci est très-sujette à se fendre. Sur le chemin de Londres à Douvres, où les chevilles sont en bois, on a, pour éviter ces inconvénients, employé le coussinet (fig. 96), dont les trous sont placés sur une ligne inclinée à l'axe. Chaque joue n'est alors soutenue que par une nervure unique. Cette disposition a été depuis lors adoptée sur plusieurs lignes, pour les chevillettes en fer comme pour les chevilles en bois. Elle le sera sur toutes celles du réseau de l'Est, aujourd'hui en construction. On a quelquefois, pour augmenter le serrage des coins, incliné sur l'axe de la voie la face intérieure de la saillie du coussinet contre laquelle le coin s'appuie, comme l'indique la figure 97.

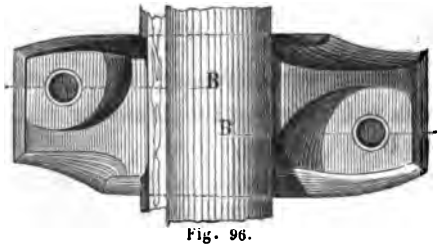


Fig. 96.

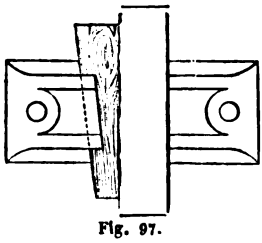


Fig. 97.

Mais les convois poussant toujours le rail en avant dans la direction de leur mouvement, et faisant en même temps glisser le coin dans le même sens, le serrage augmente au passage du convoi dans

une certaine direction; le coin, au contraire, prend du jeu s'il se meut dans la direction opposée. Il faut donc sur les chemins à deux voies posées avec ces coussinets, pour que les coins soient toujours serrés, employer des coussinets de deux modèles différents, ce qui devient une grande sujétion dans la pose. On préfère aujourd'hui les coussinets du modèle (fig. 98) dans lequel les deux joues ou saillies sont parallèles, et on arrondit les joues à leurs extrémités pour faciliter l'entrée du coin.

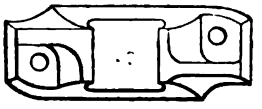


Fig. 98.

Préparation des bois. — Comme il a été constaté que, dans d'assez bonnes conditions de conservation, les traverses en chêne employées pour la construction des chemins de fer ne durent pas au delà d'une douzaine d'années [1], et que celles en sapin et en hêtre durent encore moins longtemps, on a essayé un grand nombre de procédés dans le but d'en prolonger l'existence.

En Angleterre, où les chemins de fer sont généralement posés sur des traverses en sapin, on s'est beaucoup servi pour cela, dans l'origine des chemins de fer, de sublimé corrosif. Les traverses étaient simplement plongées dans un bain de sublimé; mais ce mode de préparation a été abandonné, parce qu'il était énormément coûteux. On a remplacé le sublimé corrosif par la créosote impure [2], par le sulfate de cuivre, le sulfate de fer, le pyrolignite de fer, le chlorure de zinc et par le mélange de sulfure de barium et de sulfate de fer. Les quatre premiers réactifs sont souvent introduits dans la traverse au moyen d'une simple immersion dans une dissolution bouillante, d'autres fois par pression ou succion, comme nous l'indiquerons plus loin; le second l'est toujours par pression.

L'emploi de la créosote paraît avoir obtenu un assez grand

1. Celles du chemin de Saint-Germain, Versailles et Strasbourg à Bâle, après douze années d'exploitation de ces chemins, se sont trouvées complétement pourries et il a fallu les remplacer.

2. Huile obtenue par la distillation du goudron et ne contenant pas réellement plus de 1 à 2 pour 100 de créosote.

succès. On a fait aussi usage avec avantage du sulfate de cuivre et du mélange de sulfure de barium et de sulfate de fer. Quant au sulfate de fer isolé et au pyrolignite, étant acides, ils ont l'inconvénient d'attaquer le bois. Le chlorure de zinc est peu efficace.

En France, toutes les traverses en chêne des chemins de fer de Rouen et du Havre ont été immergées dans un bain de sulfate de cuivre. Il a été bien reconnu que le sulfate ne pénétrait pas au delà de l'aubier, mais en imprégnant l'aubier il prolonge la durée de la traverse dont l'aubier est toujours la première détruite. C'est du moins ce qu'assurent avoir constaté les ingénieurs de ces chemins.

Au chemin du Nord, où l'on a employé le même procédé pour un certain nombre de traverses, on a cru trouver sur les bois ainsi préparés une diminution de résistance assez sensible. Au chemin de Strasbourg, une partie des traverses en chêne ont été préparées par ce procédé.

La créosote est trop chère en France pour que l'on ait pu jusqu'à ce jour en faire usage sur une grande échelle.

Au chemin du Nord, on a préparé un grand nombre de traverses par le procédé Boucherie modifié, et en se servant de sulfate de cuivre. Le résultat paraît satisfaisant. Pour appliquer ce procédé, on prend une pièce de bois de hêtre généralement ronde, ayant deux fois la longueur d'une traverse, on la couche sur le sol, et, à égale distance des extrémités, on donne un trait de scie qui laisse intacte une petite portion de l'épaisseur à la partie inférieure; faisant passer ensuite une calle sous la traverse au-dessous du trait de scie, comme l'indiquent les figures 99, 100 et 101, on élargit la fente. Dans cette fente, on introduit un bout de corde plus épais au milieu qu'aux extrémités, et sur lequel on place un entonnoir qui reçoit du sulfate de cuivre en dissolution, au moyen d'un tuyau en caoutchouc, communiquant avec un réservoir supérieur. Le liquide pénètre à droite et à gauche dans les deux traverses. La séve sort d'abord par les extrémités, puis lorsqu'elle s'est

entièrement écoulée, le sulfate de cuivre prend sa place. Le bois ne s'imprègne convenablement que lorsqu'il est vert. Dans

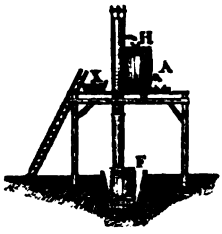


Fig. 99. *Pompe de communication entre le reservoir inférieur F et la tonne A. Gouttière de distribution H, et panier de sulfate de cuivre X.*

Fig. 100. *Trait de scie avec les cordes et les tubes.*

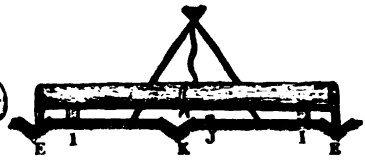


Fig. 101. *Bille en préparation avec la gouttière supérieure, les trois rigoles inférieures EEK, les pièces de support II et celle du milieu J pour l'action des coins ouvrant le trait de scie.*

le bois de *hêtre* il se trouve ordinairement une partie cylindrique intérieure de petit diamètre *a* (fig. 102) qui ne s'imprègne pas. On sépare cette portion morte quand on débite l'arbre en traverses.

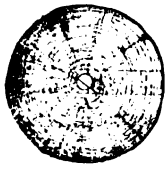


Fig. 102.

Au chemin de Strasbourg on s'est servi du procédé Payne, en introduisant, comme réactif, le sulfure de barium et le sulfate de fer. Ce procédé consiste à placer la traverse dans un cylindre en fonte où l'on fait le vide. On fait ensuite pénétrer successivement, dans les cavités de la traverse, le sulfure de barium et le sulfate de fer, par pression, au moyen d'une pompe foulante. Il se forme, par double décomposition, du sulfate de baryte qui s'oppose à la pourriture du bois. Les traverses ainsi préparées n'ont pas duré plus de deux ans, mais cela paraît tenir à ce que le procédé n'avait pas été bien appliqué. Le dosage de sulfure de barium et de sulfate de fer n'ayant pas été convenablement fait, la traverse aurait été détruite par le sulfate de fer en excès. En Angleterre, au contraire, d'après le témoignage de M. Payen, on aurait parfaitement réussi à prolonger la durée des bois par ce procédé. Nous n'oserions toutefois en conseiller l'usage, à cause des difficultés que l'on éprouve à exercer une surveillance continue et suffisante sur l'entrepreneur. En outre, ce procédé

est peu expéditif; celui de M. Boucherie, tel qu'il a été employé au chemin du Nord, semble devoir être préféré. On le considère, sur ce chemin, comme tellement efficace, qu'on n'hésite pas à payer les traverses en hêtre préparé au même prix que celles en chêne non préparé.

M. Molinos, ingénieur civil, dans un article fort intéressant sur la préparation des bois, inséré dans *les Mémoires des Ingénieurs civils de Paris* (avril-juin 1853), conseille un procédé de l'invention de M. Bethell. Ce procédé consiste à injecter le bois avec du sulfate de cuivre ou tout autre antiseptique dans le cylindre ordinairement employé à cet effet; à le dessécher ensuite dans une étuve, de manière à ne laisser dans le bois que le sel cristallisé ou combiné avec l'albumine; enfin, à le plonger, au sortir de la chambre de dessiccation, dans une chaudière contenant du goudron brut. « Si on se reporte, dit M. Molinos, aux causes de la destruction des bois, on verra que ce procédé résume à lui seul toutes les conditions possibles du succès. » En effet, la présence du sulfate de cuivre rend l'albumine imputrescible; l'absence de l'eau empêche la fermentation de se produire; enfin, l'enveloppe imperméable de goudron empêche le retour de l'eau et de l'air. La préparation par ce procédé, suivant Bethell, ne serait pas excessivement coûteuse; elle ne reviendrait pas à plus de 11 fr. par mètre cube.

Sur les chemins du Palatinat et des bords du Rhin on ne prépare pas les traverses en chêne, mais on les dépouille de leur aubier à coups de hache. On prétend aussi qu'en les posant simplement sur le sable, et laissant toute la partie supérieure découverte, on en prolonge la durée. Ce dernier fait nous paraît contestable; nous avons indiqué précédemment que sur nos chemins français nous nous étions appliqués, au contraire, à les envelopper complétement de ballast.

Durée des rails. — On a peu de données précises sur la durée des rails; en voici cependant quelques-unes :

Le North-Western-Railway est de tous les chemins anglais le plus important; sa longueur est de 500 milles anglais. Le

capitaine Huish, chargé par l'administration de cette Compagnie d'étudier l'usure des rails, a trouvé que le mouvement étant, sur la partie comprise entre Liverpool et Manchester, de 90 trains par jour, sur celle comprise entre Birmingham et le chemin de Liverpool à Manchester (ancien chemin Grand-Junction) de 38 trains, et sur la section de Londres à Birmingham de 44 trains, soit en moyenne 50 trains par jour, les rails ne dureraient pas au delà de 20 ans, ce qui équivaut à une durée de 20 ans pour 18 250 trains par an.

M. Belpaire, ingénieur belge, a trouvé, d'après des observations faites sur les chemins belges, que les rails, avec un mouvement annuel de 3000 trains par an, dureraient 120 ans, soit, en supposant la durée proportionnelle au mouvement, 20 ans seulement avec un mouvement annuel de 18 000 trains. Cette coïncidence est remarquable. Il est vrai que les rails belges ne pèsent que 25 kilogrammes par mètre, tandis que les rails anglais pèsent de 30 à 40 kilogrammes; mais, d'un autre côté, le poids du matériel belge ainsi que la vitesse à laquelle marche ce matériel, sont très-sensiblement inférieurs au poids et à la vitesse de marche du matériel anglais.

On a proposé récemment en France et en Angleterre un grand nombre de modes nouveaux d'établissement de la voie; nous allons passer en revue les principaux d'entre eux.

Nouveau système de voie. — L'efficacité des procédés de conservation des bois n'étant pas encore constatée avec certitude, on a proposé divers modes de construction de la voie dans lesquels on supprime complétement l'emploi du bois.

Sur le chemin de Versailles (rive gauche), sur celui de Chartres, et sur le chemin de Strasbourg, on a essayé de substituer aux traverses et coussinets ordinaires des plateaux en fonte, coulés d'une seule pièce avec le coussinet, et réunis par des tringles en fer rond destinées à maintenir l'écartement[1] (fig. 103).

1. Voir sur ce système de voies un mémoire de M. Lemoine, ancien ingénieur au chemin de Strasbourg, inséré dans le 2e cahier de la 6e année des *Mémoires de la Société des ingénieurs civils* (1853).

Le poids de deux plateaux-coussinets avec la tringle d'écartement ne dépassant pas le tiers du poids d'une traverse ordinaire avec ses accessoires, il résulte de la légèreté et du peu de volume de cet ensemble, ainsi que de la faible surface de la base par laquelle les plateaux reposent sur le sol, que le système manque de stabilité. De ce manque de stabilité provient un excès d'élasticité ou de flexibilité qui nuit à l'entretien de la voie et affecte principalement les plateaux de joint, ceux-ci éprouvent plus de tassement et se brisent plus facilement que les plateaux intermédiaires. De plus, les trains prennent un mouvement vertical d'ondulation qui accroît l'action destructive que leur passage exerce ordinairement sur la voie; et en raison du peu de profondeur à laquelle les plateaux sont enfouis dans le ballast, la gelée pénètre dessous et dérange leur assiette. Un autre inconvénient grave, c'est que les plateaux subissent insensiblement un mouvement inégal de translation ou un dérangement longitudinal qui amène la tringle de jonction dans une position oblique, la raccourcit en quelque sorte et produit ainsi une torsion des rails, qui rend la voie sinueuse, et peut provoquer des mouvements de lacet dans la marche des trains. Un autre défaut des plateaux-coussinets consiste dans la tendance qu'ont les rails à prendre une inclinaison transversale différente de celle qu'on leur a donnée dans la pose ou le relevage, et que la libre action des véhicules semblerait devoir maintenir. Cette inclinaison devient plus grande, et il en résulte que la voie perd de sa largeur et que les jantes des roues portant plus particulièrement sur le bord extérieur du champignon du rail, ce

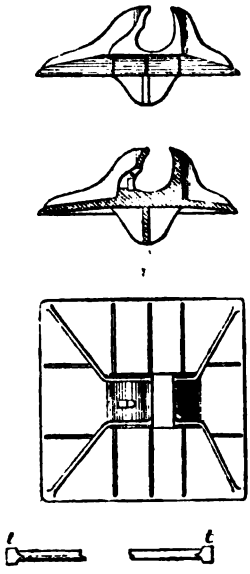


Fig. 103.

champignon s'écrase, ou au moins s'use plus rapidement que dans les circonstances ordinaires. L'une des causes de cet effet réside dans la pression exercée contre les tringles par le ballast, lorsque le tassement des plateaux s'opère; les tringles se courbent, et comme leur point d'attache est dans la joue du coussinet, elles font subir, en se courbant, un mouvement de bascule aux plateaux.

Les plateaux, du moins en leur supposant les dimensions qu'on leur a données jusqu'à ce jour, se brisent plus facilement que les coussinets, et la rupture d'un plateau est plus sujette à provoquer un accident que celle d'un coussinet dont les fragments sont retenus à la traverse par les chevilles. Les plateaux nécessitent enfin l'emploi d'un ballast fin qu'il est souvent difficile de se procurer.

M. Lemoine, ancien ingénieur au chemin de Strasbourg, et aujourd'hui ingénieur en chef des chemins de Rouen et du Havre, pense que l'on pourrait remédier à la plupart des inconvénients des plateaux-coussinets en augmentant leur poids, et en remplaçant les tringles rondes par une tringle méplate posée de champ. Ce système serait coûteux et n'aurait peut-être pas tout le succès que M. Lemoine en attend.

En Angleterre, où la fonte et le fer sont à très-bas prix, on a établi, dans ces dernières années, des supports du même genre, mais beaucoup plus lourds et plus rigides.

La figure 104 représente le mode de construction du chemin d'Alexandrie au Caire établi dans ce système; les plateaux sont remplacés par des cloches reliées par une forte tringle en fer méplat boulonné sur une oreille venue de fonte sur chaque cloche.

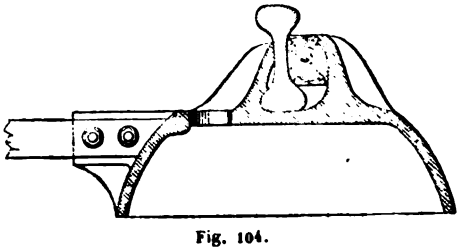


Fig. 104.

En Belgique, on a mis à l'essai plusieurs systèmes de tra-

verses à plateaux reliés, tantôt par des tringles, tantôt par des bouts de rails hors de service. Les ruptures fréquentes de ces plateaux ont rendu l'entretien fort dispendieux. On a également employé sur les chemins belges quelques traverses en fer laminé de sections diverses. On a remarqué que les coussinets fixés sur ces traverses étaient très-sujets à se rompre.

Nous citerons également une traverse en tôle pliée en forme de gouttière trapézoïdale qui figurait à l'exposition de Londres.

Plusieurs ingénieurs anglais ont proposé récemment un système de supports qui se rapproche manifestement de celui des longuerines. Ainsi, M. Samuel, du chemin de Eastern-Counties, a établi un bout de voie dans lequel les rails sont pris entre deux pièces de bois évidées de manière à embrasser ces rails jusque près du champignon (fig. 105). Ces pièces de bois sont logées dans une sorte de gouttière en fonte de 1 mètre de long, munie à sa partie supérieure de nervures qui portent sa largeur totale à $0^m,40$ environ. Les supports de deux files de rails sont reliés par une tringle en fer fixée au milieu dans des logements venus de fonte sous les nervures du support. Pour chaque rail de $4^m,50$ il y a trois gouttières semblables; les joints sont consolidés au moyen de platines (voir page 393). La figure 106 représente une gouttière analogue inventée par Hoby. Elle diffère de la précédente en ce que le rail y est directement fixé au moyen de trois paires de coins et en ce que la tringle d'écartement est méplate et posée de champ, fixée dans une

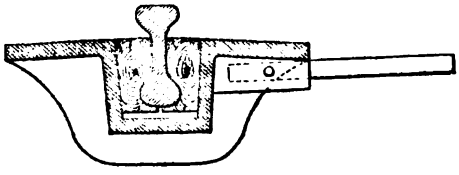


Fig. 105.

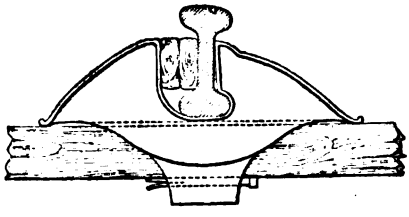


Fig. 106.

mortaise au moyen d'une clavette et d'un goujon (fig. 107). Cette disposition a l'avantage de s'opposer efficacement au devers.

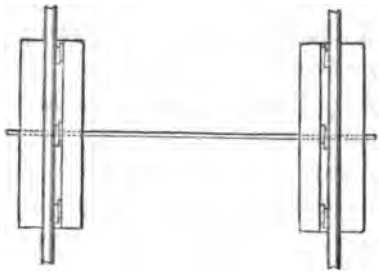


Fig. 107.

Nous citerons enfin le nouveau rail de Barlow (fig. 108). Ce rail est de la forme dite rail à pont (bridge-rail); mais ses dimensions sont assez fortes pour qu'on puisse supprimer complétement les longuerines. Il repose directement sur le ballast; les joints sont formés de doublures en fer rivées sous les rails consécutifs et reliés par une barre d'écartement en fer à cornière. La simplicité de ce système dans lequel la voie, y compris le ballast, coûte à peu près le même prix que la voie ordinaire, lui a valu un grand nombre de partisans en Angleterre. On reproche aux rails Barlow :

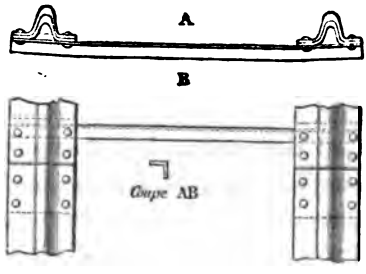


Fig. 108.

1° D'être moins élastiques que les rails ordinaires, puisqu'ils reposent sur le ballast, tandis qu'entre les points d'appui, les rails ordinaires sont, pour ainsi dire, suspendus au-dessus, et qu'à l'endroit des points d'appui, ils reposent sur des traverses en bois qui sont élastiques;

2° D'exclure, jusqu'à un certain point, l'emploi des pierres cassées comme ballast;

3° De se détruire par les effets de l'instabilité de la voie et par suite du relâchement dans les assemblages et de la mobilité de tous les éléments;

4° D'être beaucoup plus difficiles à fabriquer que les rails ordinaires, surtout avec les fers durs qui doivent entrer

dans la composition des rails pour résister aux frottements;

5° De s'écraser;

6° De ne pas se prêter à la dilatation et d'être exposés par conséquent à se courber dans les temps chauds;

7° De ne pouvoir être utilisés pour les travaux de terrassement, comme les rails ordinaires.

Les partisans de ce nouveau rail répondent :

1° Que la forme même du rail Barlow (forme en selle) doit lui donner l'élasticité nécessaire, et ce qui tendrait à le prouver, c'est qu'on a observé en Angleterre, sur une voie Barlow, que les trains lors de leur passage produisent un bruit sourd qui n'est pas désagréable et qui indique une absence de trépidation, preuve d'élasticité;

2° Que le nombre des assemblages sur une voie ordinaire est plus grand que sur le rail Barlow;

3° Que l'on n'a pas remarqué en Angleterre que les rails Barlow fussent sujets à s'écraser;

4° Que l'enfouissement du rail Barlow dans le ballast s'oppose à ce qu'il s'échauffe et se dilate; que M. Barlow avait, dans l'origine, relié les rails, tous les 90 mètres, au moyen de boulons traversant des trous ovales, mais que la dilatation n'ayant été sur cette distance que de 3 à 4 millimètres, il avait supprimé les boulons pour les remplacer par des vis;

5° Que M. Brunel a affirmé, d'après une expérience de deux années, que le rail Barlow ne se détériorait pas plus promptement que les rails ordinaires.

Au surplus, la Compagnie des chemins de fer du Midi devant employer le rail Barlow sur une très-grande échelle, la question des avantages et des inconvénients de ce système sera bientôt résolue.

M. Barlow a introduit quelques modifications dans son système. Il a remplacé les barres d'écartement en cornières par de petites traverses en bois, au nombre de trois par rail de 5 à 6 mètres de longueur. Il renonce ainsi à un des principaux

avantages de son système, celui d'exclure complétement les vis de la composition de la voie.

Parmi les nouveaux systèmes de construction de la voie il faut distinguer le système Pouillet, qui a été adopté exclusivement pour la construction du chemin de ceinture. Dans ce système, les traverses sont en bois vif équarri. Elles sont toutes de mêmes dimensions; leur épaisseur est de $0^m,06$ seulement, leur longueur de $2^m,10$ et leur largeur de $0^m,16$ à $0^m,20$. Elles sont recouvertes d'un vernis appelé *vernis-railway*, qui en prolonge la durée. Ces traverses reposent par leurs extrémités sur des plateaux carrés en bois, nommés tables de pression, de $0^m,05$ d'épaisseur et de $0^m,60$ de côté, généralement composés de deux pièces assemblées à rainures et à languettes, et réunis aux traverses par des boulons (fig. 109).

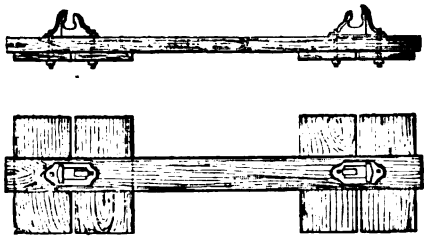


Fig. 109.

Les coussinets ont une forme particulière qui permet de donner au sabotage et à la pose la plus grande précision. Ils sont fixés sur les traverses par les boulons qui réunissent les traverses elles-mêmes aux tables de pression.

Les voies que l'on obtient avec ce nouveau mode de construction présentent beaucoup plus de précision et de stabilité que celles établies d'après le système ordinaire, aussi le roulement des convois est-il très-doux. Le matériel roulant n'éprouve plus de secousses violentes et la traction parfaitement régulière n'a plus à vaincre de résistance étrangère à celle du poids des convois. Les expériences faites depuis plusieurs années sur les chemins de l'Ouest et du Nord, démontrent que les frais d'entretien des voies construites de cette manière sont très-sensiblement inférieurs à ceux des autres voies. Les frais d'entretien du matériel doivent aussi, sur une voie meilleure, éprouver

quelque réduction. Quant aux frais d'établissement, comme l'augmentation des prix provenant de la nécessité d'employer des bois à vive arête est compensée par la diminution du cube, ils sont sensiblement les mêmes que ceux du système ordinaire, sans même avoir égard à la diminution que l'on peut espérer dans l'épaisseur de la couche de ballast qui enveloppe les traverses; et si l'on a égard à cette diminution, ils sont moins grands.

On a manifesté la crainte de voir les traverses et les plateaux de ce système pourrir rapidement, bien qu'en bois dépourvu d'aubier, à cause de leur faible épaisseur et de l'espèce d'assemblage que présente la réunion des plateaux à la traverse. On a pensé aussi qu'il pourrait être difficile de *rafraîchir* le logement des coussinets sur la traverse, comme cela se fait dans le système actuel, quand ce logement aura été mâché par le passage d'un grand nombre de convois. Il a été constaté que des voies Pouillet posées au chemin du Nord depuis plus de cinq ans n'avaient subi aucune altération, et la Compagnie du Nord, satisfaite des expériences qu'elle en a faites, est sur le point de poser une grande longueur de voie d'après ce nouveau mode.

La Compagnie de l'Est en fait l'essai sur une grande échelle.

Nous terminerons cette description par l'analyse de l'invention de M. Barberot. Dans ce système (fig. 110), le coussinet n'existe plus. Le rail repose directement et sans intermédiaire sur la traverse dans une entaille de 1 à 2 centimètres de profondeur pratiquée suivant la moulure du champignon, et il est soutenu de chaque côté par deux cales ou coins en bois *debout* (chêne ou acacia) de $0^m,15$ de long sur $0^m,10$ d'équarrissage et $0^m,12$ pour les joints. Ces cales sont coupées selon la forme du rail du côté où elles s'arc-boutent contre lui, et s'appuient de l'autre côté dans l'entaille suivant un angle obtus qui permet de

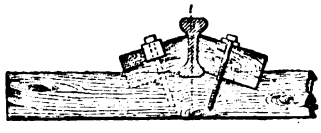


Fig. 110.

serrer et de la retirer sans efforts. Cette entaille a quelques millimètres de moins en longueur que la cale elle-même, qui, par cette disposition, jouit de toute sa puissance de serrage. Un léger intervalle est ménagé entre la cale et la traverse dans la partie qui touche au rail, afin de permettre d'augmenter le serrage à volonté. Pour prévenir les fentes longitudinales qui pourraient survenir par suite de la pression qu'elle exerce ou par l'effet de la dilatation, et lui conserver toute sa force quand même ces fentes se manifesteraient, la cale est saisie par une bride en fer dont les mentonnets maintiennent les flancs ; une vis en bois dont les dimensions et les filets ont été spécialement étudiés pour cet objet traverse cette bride, ainsi que la cale, et pénètre jusqu'au cœur même de la traverse. La cale extérieure est plus épaisse que celle intérieure et peut s'élever jusque sous la tête du rail ; celle-ci reste un peu plus bas afin de ne pas se trouver en contact avec le bourrelet des roues.

Les principaux avantages que M. Barberot attribue à son système se résument de la manière suivante : la voie est plus douce que les voies ordinaires, elle est moins coûteuse d'établissement, l'entretien en est plus facile, les vis ne sont pas exposées à se soulever et à se détacher comme les chevillettes, elles n'ont pas d'autres fonctions à remplir que celles de tenir la cale à sa place et de la serrer à volonté contre le rail ; les rails dans le système ordinaire glissent le long des coins, suivant la direction du mouvement des convois. Dans le système Barberot, au contraire, plus la charge qui viendra fouler les rails sera pesante et plus ils seront étreints entre les deux cales qui agissent sur lui comme deux pinces d'un levier. La durée des cales n'est pas à comparer à celle des coins : ceux-ci sont placés dans des conditions beaucoup moins favorables. Leur volume diminuant, leur tête étant écrasée par les coups de marteau (chasse-coin) dont on est obligé de faire un fréquent usage pour les maintenir en place et le bois qui les compose se fendant sous l'action de ces marteaux, ils sont, au bout de

très-peu de temps, hors de service, ce qui n'arrive pas avec les cales. Enfin les rails, portant, dans le système Barberot, sur toute la largeur de la traverse, ont une plus grande assiette et la portée intermédiaire du rail, pour des écartements égaux de traverses, est moins longue. Il en résulte que la flexion qui s'opère dans chaque intervalle au passage des trains est moins sensible, ce qui permettrait de donner, pour une flexion égale, un plus grand écartement aux traverses.

Le système Barberot a été essayé au chemin de Strasbourg sur une longueur de 100 mètres pendant une année et il s'est bien comporté. On a trouvé la voie plus douce. On n'a remarqué aucun relâchement, aucune dislocation dans les cales ou dans les vis; les rails sont restés parfaitement immobiles et le bois n'a pas subi d'altération. Le système Barberot a été également essayé avec succès sur le chemin de Rouen.

De ce qui précède il semblerait que le système Barberot est préférable au système ordinaire. Nous nous permettrons toutefois d'émettre un doute à cet égard. L'économie faite sur la construction n'est que de 2 francs par mètre courant. Cette économie est bien faible et sera moins sensible encore lorsqu'au bout de quelques années il faudra renouveler les cales pourries. Les coussinets en fonte dureront incontestablement beaucoup plus longtemps, et s'il faut les remplacer, on vendra les coussinets hors d'usage [1] pour les refondre à un prix assez élevé, tandis qu'on ne pourra tirer aucun parti des cales pourries. Les cales et les traverses, a-t-on dit, n'ont subi aucune altération au bout d'une année; mais peut-on espérer que cet état de choses se maintienne un grand nombre d'années? c'est ce que nous ne croyons pas. Quel que soit le serrage des cales, il est à craindre que la pourriture ne se manifeste assez promptement dans les entailles. Il y a donc lieu de continuer les essais sur le système Barberot, mais nous ne pensons pas que l'expérience qui en a

1. Les vieux coussinets du chemin de Strasbourg à Bâle sont livrés aux fonderies au prix de 14 francs les 100 kilogrammes.

été faite soit d'une assez longue durée pour qu'on doive adopter ce système sur une grande échelle.

Il nous reste à indiquer les conditions de fabrication que l'on impose aux industriels qui entreprennent la fourniture des rails, coussinets, chevilles, qui entrent dans la construction de la voie. Ces conditions sont stipulées dans un cahier des charges annexé à chaque marché.

CAHIER DES CHARGES.

On conçoit combien il importe que ce cahier des charges soit bien étudié et convenablement rédigé ; il ne faudrait pas croire toutefois qu'il suffise d'avoir imposé au fabricant ou fournisseur un cahier des charges sévère pour en obtenir de bons résultats. Il faut avant tout traiter avec un fabricant d'une probité rigoureuse qui puisse se procurer sans trop de difficultés les matières premières de bonne qualité et lui accorder un prix rémunérateur. On s'expose autrement à des procès toujours fâcheux, lors même qu'on les gagne.

Voici maintenant quelles sont les principales conditions imposées par le cahier des charges :

Rails. — Les rails doivent présenter exactement la longueur et le profil adoptés par les ingénieurs de la ligne. A cet effet, on remet aux fournisseurs des gabarits en tôle d'acier en tout semblables à ceux qui servent à la réception.

On fixe la longueur normale des rails et on indique la tolérance, qui ne doit pas dépasser 2 millimètres en plus ou en moins. Néanmoins, comme il arrive fréquemment que des rails, parfaitement sains dans la plus grande partie de leur longueur, présentent des défauts à leurs extrémités, on admet qu'une certaine fraction de la fourniture, un vingtième, par exemple, pourra être accepté à des longueurs moindres. Pour les rails de $4^m,50$ du chemin de Paris à Strasbourg, on a admis les deux longueurs de $3^m,375$ et de $4^m,40$. Ces rails trouvent leur emploi dans les courbes où la file intérieure présente un déve-

loppement moindre que la file extérieure et dans les raccordements des voies de garage. Il est tellement important de n'admettre aucune défectuosité dans la forme du rail, que l'ingénieur en chef ne doit se reposer sur aucun de ses agents, de quelque ordre qu'il soit, du soin d'approuver les premiers échantillons fournis par le fabricant ; il doit exiger que des portions des premiers rails sortis des laminoirs lui soient envoyées et que l'on ne commence la fabrication sur une grande échelle que lorsqu'il aura fait parvenir son assentiment par écrit au directeur de l'usine.

Les rails doivent être parfaitement soudés et exempts de toute espèce de défaut, tels que *pailles*, *stries*, *criques* ou *brûlures*. Les champignons surtout doivent être parfaitement sains et unis. On ne doit tolérer que des défauts insignifiants dans leur tige.

Les abouts des rails doivent être coupés de manière à présenter une section parfaitement nette, perpendiculaire à l'axe des rails ; ils ne doivent pas être déformés. Pour obtenir cette section, on se sert de scies circulaires ou de burins. Il importe de s'assurer que l'usine est en possession de ces outils. Les rails doivent être parfaitement dressés et dégauchis à l'usine.

La figure 111 représente la coupe d'un paquet préparé pour être converti en rail. Les deux barres *a a*, *b b*, appelées *couvertures*, et qui formeront plus tard les champignons du rail, doivent être en fer qui a subi préalablement un premier corroyage, fer n° 2. Ces deux barres doivent être chacune d'un seul morceau.

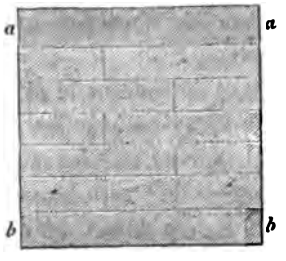


Fig. 111.

Les barres intermédiaires se font en général en fer *puddlé* brut, n° 1 ; elles sont souvent en deux ou même trois pièces sur la largeur, mais on ne doit pas admettre de joints dans la longueur.

Il est reconnu que les fers de nature différente se soudent

difficilement entre eux ; aussi l'emploi de deux qualités de fer dans la composition des rails nous paraît-il être la principale cause des exfoliations qui les mettent hors de service longtemps avant que l'usure ait pu amener ce résultat. Il est probable que, si l'on n'employait que du fer n° 2 dans la composition des paquets, l'augmentation du prix d'achat des rails serait largement compensée par leur longue durée[1].

Afin de pouvoir s'assurer de la résistance des rails, on doit imposer aux fabricants des essais que l'on répète aussi souvent qu'on le juge convenable. Ces essais se font par simple pression ou par choc.

On essaye un rail par pression en le posant sur deux supports écartés de $1^m,125$ et en lui faisant supporter en son milieu une charge de 10 000 kilogrammes. Après l'enlèvement de la charge, la flexion qu'avait subie le rail doit entièrement disparaître.

Les essais par pression ont l'avantage de ne pas altérer les rails ; mais ils ne donnent aucune garantie de résistance au choc. Un rail peut fort bien présenter toute l'élasticité nécessaire pour supporter ce genre d'essai, et cependant se briser en service par l'effet des secousses qu'il reçoit au passage des locomotives.

Les essais par choc se font en laissant tomber d'une hauteur de 4 mètres un mouton pesant 200 kilogrammes. Les rails ainsi essayés étant généralement altérés et devant être remaniés, on ne fait subir l'essai qu'à un petit nombre de rails pris au hasard dans chaque livraison.

Les chiffres que nous venons d'indiquer sont, pour les essais par pression, ceux qui ont été adoptés pour les rails du chemin de Paris à Strasbourg, pesant 37 $\frac{1}{2}$ kilogrammes par mètre courant; pour les essais par choc ceux qui sont prescrits pour les rails à simple T belges, du poids de 27 kilogrammes

1. En Angleterre, on a fabriqué des rails dans lesquels la tige était en fer laminé et le champignon en fer martelé ; mais le champignon mal soudé à la tige s'en détachait.

par mètre courant; ils varient naturellement avec ces poids.

Le rail, après avoir été soumis avec succès à ces épreuves, n'est pas toujours sans défauts. Les différentes barres de fer dont il est formé peuvent avoir été mal soudées. Ce vice de fabrication et d'autres encore ne se manifestent qu'à la longue. Il faut donc exiger du fabricant une année de garantie, pendant laquelle il doit remplacer tout rail avarié par suite de mauvaise qualité.

On n'accorde sur le poids des rails qu'une tolérance de 1 pour 100 en plus ou en moins pour la fourniture tout entière et de 2 pour 100 sur chaque rail. Les rails trop légers sont rebutés; ceux qui sont trop lourds sont payés à raison du poids normal augmenté de la tolérance.

Afin d'être assuré que les clauses du cahier des charges sont réellement suivies, un employé spécial doit séjourner à l'usine pendant tout le temps que dure la fabrication; il doit visiter scrupuleusement tous les rails et les poinçonner quand il les reconnaît bons.

Coussinets. — Les coussinets devant tous être conformes au modèle adopté, l'ingénieur en chef remet au fournisseur un coussinet type d'après lequel ce dernier établit ses modèles. Dès que le fabricant a coulé un certain nombre de coussinets, il les envoie à l'ingénieur en chef, qui indique s'il y a des modifications à faire au modèle. Ce n'est que lorsque cet ingénieur reconnaît par écrit que ces échantillons sont parfaitement conformes au type que la fabrication doit commencer.

Les conditions de tolérance sur le poids sont les mêmes pour les coussinets que pour les rails, si ce n'est que l'on accorde 3 pour 100 en plus ou en moins.

Lors de la réception, on ne doit souffrir aucune différence dans la forme du logement du rail ni comme profil, ni comme inclinaison. Les trous des chevillettes doivent être également très-exacts.

Les fontes employées doivent être grises, à grain serré et tenace, afin de présenter à la fois une grande résistance à la

rupture et une dureté suffisante pour ne pas s'user trop rapidement par le choc. On exige qu'elles résistent à un effort de traction de 1300 kilogrammes par centimètre carré. Pour constater cette résistance, on fond fréquemment des pièces d'essai de la forme représentée figure 112, et l'on tourne la tige *t t* exactement au diamètre de $0^m,01$. La pièce est suspendue à un point fixe par un des anneaux et le poids qui en mesure la résistance est suspendu au second anneau.

Fig. 11. 2

La fonte au bois, quand elle présente les qualités requises, peut être employée en première fusion ; la fonte au coke subit généralement une seconde fusion.

On n'a admis pour les premiers chemins de fer construits aux environs de Paris que des fontes de seconde fusion, mais l'expérience a prouvé que celles de première fusion bien choisie étaient d'un très-bon emploi ; seulement, comme les fourneaux qui produisent la fonte de première fusion sont bien plus sujets à se déranger que ceux d'où provient celle de seconde fusion, il faut exercer une surveillance plus sévère sur la fabrication des coussinets de première fusion que sur celle des coussinets de seconde.

On fait subir aux coussinets des épreuves par pression, comme aux rails; il serait convenable de les soumettre également à des essais par le choc. On stipule enfin un délai de garantie qui est en général d'un an.

Chevillettes. — Outre les conditions relatives aux formes, dimensions et poids des chevillettes, on doit exiger que le fer qui les compose soit doux et nerveux. Les têtes doivent être refoulées et non soudées. La réception se fait en présentant les chevilles à deux gabarits en acier trempé ; elles doivent toutes entrer jusqu'à la tête dans le plus grand et ne pas entrer jusqu'à la tête dans le plus petit.

On enfonce un certain nombre de chevilles dans un bloc de chêne jusqu'à moitié de leur longueur, puis on recourbe à coups

de masse la partie excédante, de manière qu'elle fasse un angle de 45 degrés avec la verticale. Les chevilles soumises à cette épreuve ne doivent présenter aucune altération.

Coins. — Les coins doivent être en chêne sec de bonne qualité[1], sans aubier et de droit fil. Afin de s'assurer que cette dernière condition est remplie, on exige souvent que les coins soient débités à la hache au lieu de l'être à la scie, puis rabotés.

On vérifie leurs dimensions au moyen de deux gabarits en acier ; chaque coin doit traverser presque totalement l'un de ces gabarits et entrer à peine dans l'autre.

On a reconnu que les traverses devaient faire saillie de $0^m,60$ au moins en dehors des rails. Si elles sont moins longues, leurs extrémités vibrent fortement au passage des trains et font tasser la chaussée, de sorte que les traverses finissent par ne plus reposer sur le ballast qu'en leur milieu. Pour la voie ordinaire de $1^m,50$, les traverses doivent donc avoir $2^m,70$ de longueur.

La largeur et l'épaisseur des traverses influent également sur la stabilité de la voie. Si les traverses sont trop minces, elles fléchissent au passage des machines ; si elles sont trop étroites, elles ne reposent pas sur une surface assez étendue sur le ballast, et la voie tasse fréquemment. D'un autre côté, leur largeur ne doit pas dépasser $0^m,36$, sans quoi l'on ne parvient que difficilement à bourrer uniformément le sable sur lequel elles portent.

Les dimensions sont généralement plus fortes pour les traverses qui sont placées sous les joints des rails que pour les intermédiaires ; on fixe ces dimensions en indiquant la tolérance que l'on accordera.

Les traverses de joint équarries employées en France ont $0^m,14$ à $0^m,17$ d'épaisseur sur $0^m,32$ à $0^m,35$ de largeur ; les mêmes traverses demi-rondes ont de $0^m,14$ à $0^m,18$ d'épaisseur sur $0^m,32$ à $0^m,36$ de largeur. La tolérance accordée en

1. On fait aussi d'excellents coins avec le bois d'acacia.

plus ou en moins est de $0^m,02$ à $0^m,04$ sur la largeur, de $0^m,01$ à $0^m,02$ sur l'épaisseur et de $0^m,10$ à $0^m,25$ sur la longueur.

Les traverses intermédiaires équarries n'ont que $0^m,14$ à $0^m,15$ d'épaisseur sur $0^m,21$ à $0^m,28$ de largeur ; demi-rondes, elles ont de $0^m,14$ à $0^m,17$ d'épaisseur sur $0^m,21$ à $0^m,33$ de large ; les tolérances sont les mêmes que pour les traverses de joint.

Traverses. — Nous avons dit que les traverses des chemins européens étaient en chêne, en hêtre ou en sapin. Le hêtre ne peut être employé que lorsqu'il a été préparé par un des procédés indiqués plus haut. On prépare aussi généralement le sapin. Au chemin de l'Est on a remarqué que les chevillettes prenaient du jeu bien plus facilement dans le sapin que dans les autres bois. Elles se maintiennent beaucoup mieux dans le bois de hêtre.

Les traverses sont payées en raison de leur volume ou à la pièce. Dans ce dernier cas les tolérances en plus doivent compenser les tolérances en moins et l'épaisseur de l'aubier est limitée. Quand les traverses sont payées au cube, on ne tient pas compte de l'aubier ou l'on indique une tolérance. Il est très-important d'indiquer au cahier des charges le mode de mesurage des traverses. Autrement le fournisseur pourrait avoir la prétention de les mesurer, suivant certains usages du commerce au grand détriment de la Compagnie.

On stipule que toute traverse présentant des défauts sera rejetée ; on exige que le bois ait été abattu en bonne saison (du 15 octobre au 15 mars, à l'époque où la circulation de la séve est ralentie) ; enfin l'on n'admet que des bois qui aient moins de deux ans de coupe.

Quant à la forme des traverses, on exige que les deux faces horizontales soient planes, et l'on indique une courbure limite dans l'autre sens.

Ballast.—Le ballast doit être perméable et avoir une certaine consistance. On emploie comme ballast différentes substances. Le plus souvent on se sert de sable ; mais dans les pays où le sable

de bonne qualité est rare, comme par exemple aux environs de Lille, on le remplace par d'autres substances, des pierres concassées (chemins d'Orléans, de Strasbourg, etc.), des mélanges de briques pilées et de laitiers (chemin de Lille à la frontière belge), de la menue houille (chemin de Darlington), de la craie (chemin du Nord).

Le sable, pour être suffisamment perméable, doit être composé de grains de moyenne grosseur et assez durs pour ne pas être écrasés et réduits en poudre au passage des convois. L'eau circule moins bien dans le sable fin ; ce dernier, d'ailleurs, étant facilement soulevé par le vent ou même par le simple courant d'air que produit le passage d'un convoi, devient très-nuisible aux machines, en se logeant dans leur mécanisme. Il pénètre dans les joints, et jusque sur les fusées des essieux, s'y attache au moyen de la graisse qui les lubrifie et en occasionne promptement la destruction.

Le sable qui contient une forte proportion d'argile à l'état de mélange, absorbe l'eau et se convertit en boue à la suite des grandes pluies. Il doit donc être rejeté. Mais si l'argile n'est qu'en petite quantité, loin d'altérer la qualité du sable, elle lui donne une certaine consistance et l'empêche de se déplacer trop facilement.

Les pierres concassées sont moins homogènes que le sable, et leur emploi rend l'entretien plus difficile. Les mélanges de briques pilées et de laitiers ont donné toute satisfaction. La menue houille est d'un excellent usage. Mais il faut pour cela qu'elle ne contienne qu'une très-petite quantité de pyrite de fer, autrement elle s'enflammerait spontanément. La craie est souvent gelive et forme alors de la boue. On l'a employée au chemin du Nord pour l'assise inférieure de la chaussée ; recouverte de sable elle a été soustraite aux influences de la gelée et s'est bien comportée.

Il est certaines conditions communes à tous les cahiers de charges. Nous allons les indiquer :

Conditions générales. — Pendant l'exécution des travaux il

peut se présenter des améliorations qu'il soit convenable d'adopter; il faut toujours se réserver la faculté de le faire moyennant une indemnité réglée de gré à gré ou par experts. Il ne faut pas négliger de stipuler que toutes les contestations qui pourraient s'élever entre la Compagnie et le fabricant seront jugées dans la localité où se trouve le domicile de la Compagnie. On serait autrement exposé à aller plaider dans des villes voisines de l'usine où le fabricant peut exercer plus facilement son influence.

On impose généralement au fabricant la condition de ne sous-traiter qu'avec l'autorisation de la Compagnie. Enfin il faut opérer sur les payements une retenue de un dixième qui n'est restitué au fabricant qu'à l'expiration du délai de garantie.

POSE ET RÉCEPTION DE LA VOIE.

Une mauvaise voie peut devenir la cause d'accidents graves elle entraîne dans des frais d'entretien fort élevés. Il est donc de toute nécessité d'apporter le plus grand soin dans la pose.

Lorsqu'on reçoit la voie, il faut s'assurer que les traverses reposent sur une couche de ballast suffisamment épaisse, qu'elles portent par tous leurs points sur cette couche et sont convenablement enveloppées de ballast; que les coussinets et par suite les rails ont l'inclinaison convenable; qu'ils sont solidement fixés aux traverses; que la largeur de la voie est constante du moins dans les parties rectilignes; que la hauteur des deux files de rails est la même dans les lignes droites; que dans les courbes on a, pour faciliter le passage des convois, surélevé convenablement la file de rails extérieurs, et enfin que les coins ont été suffisamment enfoncés et ont été placés dans la direction convenable.

PASSAGES A NIVEAU, BARRIÈRES, CLÔTURES ET CONTRE-RAILS.

Passages à niveau. — Les routes qui croisent les chemins de fer passent au-dessus, au-dessous ou au même niveau (fig. 113). Dans le dernier cas, la partie du chemin de fer traversée par la route prend le nom de *passage à niveau*. Nous avons, au cha-

pitre du Tracé, traité la question de savoir jusqu'à quel point

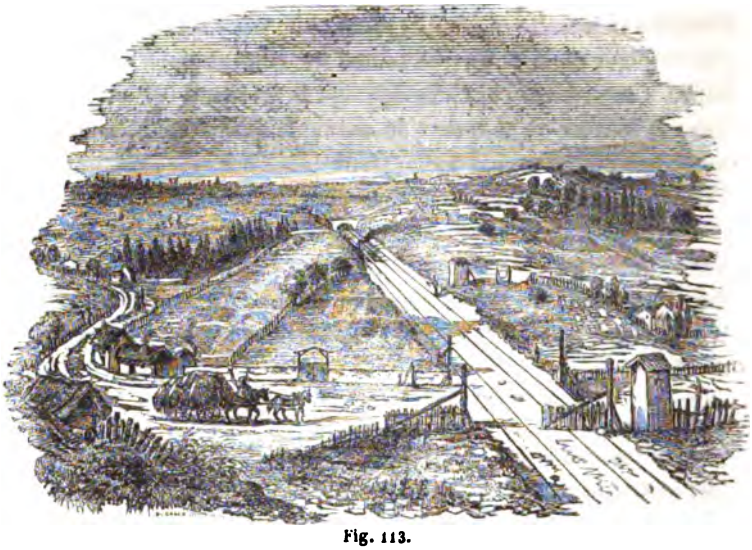


Fig. 113.

il convenait de multiplier les passages à niveau et celle des règles à observer dans leur distribution sur les lignes. Il nous reste à parler de la disposition de la voie dans les parties où elle se croise ainsi avec les routes.

Si le passage à niveau ne doit servir que pour les piétons, la voie ne subit aucune modification. Les rails ne gênent pas plus les piétons que tout autre obstacle d'une faible hauteur placé au travers de la route. Mais si les voitures ont accès sur le passage, il est nécessaire de le paver dans toute la largeur de la route. Les rails sont alors noyés dans le pavé, comme l'indique la figure 114 qui est une coupe en travers de la voie, en sorte que les rues des voitures ne passent que sur le champignon du rail sans risquer de le renverser comme elles le feraient infailliblement s'il était en saillie au-dessus du sol.

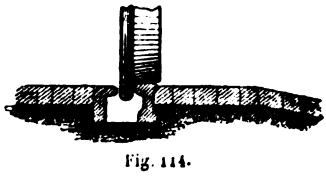


Fig. 114.

Du côté de l'axe de la voie est une rainure ménagée dans le pavé et dans laquelle se logent les bourrelets des roues de wagons. L'un des côtés de la rainure est soutenu par le rail lui-même, l'autre côté par un longeron en bois, une bande de fer ou un rail usé qui porte le nom de contre-rail. Le contre-rail doit être recourbé à ses extrémités, comme le représente la figure 115, afin qu'une roue de wagon, qui par suite d'une oscillation latérale, s'écarterait du rail, soit ramenée tout naturellement dans l'espace compris entre le rail et le contre-rail.

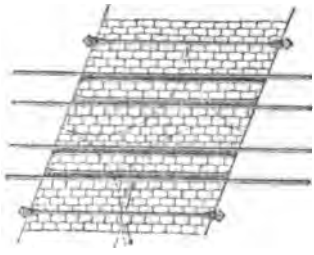


Fig. 115.

Quelquefois on ménage une rainure à droite et à gauche du rail (fig. 116), afin qu'aucun obstacle, tel qu'une petite pierre, ne puisse se placer sur le bord extérieur du rail et gêner le passage des roues du wagon. La surface du champignon peut alors se trouver en dessous de celle du pavé et les roues des voitures traversent la rainure dans toute sa largeur sans même toucher le rail. La première disposition, qui est la plus économique, est aussi la plus généralement adoptée.

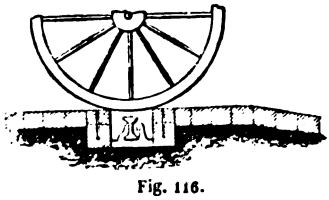


Fig. 116.

Barrières. — Le chemin de fer est toujours en France enfermé entre deux lignesde clôtures. Au passage des routes la clôture fixe doit être nécessairement interrompue et remplacée par une barrière mobile. Cette barrière, représentée figure 117, est à un seul vantail ou à deux

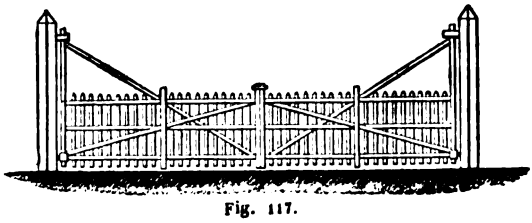


Fig. 117.

vantaux, suivant sa largeur. Quand elle est à deux vantaux elle peut s'ouvrir du côté du chemin de fer, de manière à fermer la voie tout en ouvrant la route ou s'ouvrir du côté de la route en laissant la voie ouverte. La première disposition a cet avantage qu'elle ne permet pas aux piétons, aux chevaux ou aux bestiaux de s'écarter à droite ou à gauche du passage à niveau, pour circuler sur le chemin de fer, mais elle a cet inconvénient que si la route coupe obliquement le chemin de fer, les barrières doivent être très-grandes, et que souvent la barrière se trouvant, par suite de négligence, barrer la voie au moment de l'arrivée du convoi, est renversée par la machine. Aussi la première disposition est-elle préférée.

Le passage sur la route est ordinairement libre, ce n'est qu'au moment de l'arrivée des convois qu'on la ferme momentanément.

L'inclinaison des routes, quand elles se raccordent aux chemins de fer, ne doit pas, aux termes de la loi, dépasser 3 centimètres pour les routes impériales et 5 centimètres pour les chemins vicinaux et ruraux. La limite inférieure fixée par la loi pour le rayon des courbes de raccordement, est sur les routes impériales de 50 mètres et pour les chemins ruraux de 15 mètres.

Les routes, en traversant les chemins de fer, doivent conserver toute leur largeur.

Clôtures. — Les clôtures sont en bois, composées de treillages plus ou moins simples de $1^m,40$ de hauteur, fixés à des poteaux, espacés de $1^m,50$, ou de lisses en bois cloués à des poteaux. On fait aussi des clôtures avec des fils de fer galvanisés fixés à des poteaux en bois, ces fils pouvant être tendus à volonté par des appareils spéciaux.

Les meilleurs treillages sont formés de lattes épointées unies les unes aux autres par des fils de fer tressés. Ils se font à la mécanique. Tout légers qu'ils sont, ils offrent une grande solidité, et ce n'est pas sans difficulté qu'on parvient à les briser. Les clôtures avec lisses sont plus économiques, mais elles

n'opposent presque aucun obstacle au passage des hommes et des animaux sur la voie.

Celles en fil de fer ne coûtent pas beaucoup plus que celles en lisses et durent plus longtemps. Sur le chemin de Mulhouse on posera des clôtures de la première espèce dans le voisinage des villes ou dans les localités très-peuplées et des clôtures en lisses sur les autres parties de la voie.

Ces clôtures ne sont que provisoires : on plante toujours à côté des haies qui, au bout de quelques années, doivent les remplacer.

Contre-Rails. — On ne pose pas de contre-rails à l'emplacement des passages à niveau seulement. On en posait anciennement sur toutes les parties du chemin où les déraillements paraissent le plus à redouter, ou dans celles où ils pourraient avoir les plus graves conséquences. Les contre-rails se composent alors de longerons en bois plus élevés que les rails et ont pour but d'empêcher les wagons de quitter la voie. La distance de ces longerons, représentés figure 118 au rail, est de 75 millimètres. Le contre-rail s'oppose à ce que le wagon quitte la voie en montant sur le rail et à ce qu'il dévie. Comme à la rigueur il faudrait poser des contre-rails sur tous les grands ponts et sur tous les remblais élevés, et que cela deviendrait souvent fort coûteux, on en a considérablement limité l'usage. Sur le chemin du Palatinat, cependant, on en a posé dans toutes les courbes de petit rayon du côté de la file de rail la plus courte.

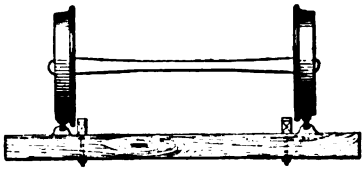


Fig 118.

CHAPITRE VIII.

ACCESSOIRES DE LA VOIE.

DES CHANGEMENTS ET CROISEMENTS DE VOIE, PLAQUES TOURNANTES, CHARIOTS DE SERVICE, GRUES HYDRAULIQUES ET SIGNAUX FIXES.

Dans l'exploitation d'un chemin de fer on a fréquemment besoin de faire passer les voitures ou machines d'une voie sur une autre, particulièrement dans les gares d'un chemin à double voie et aussi dans les gares d'évitement d'un chemin à simple voie. Les appareils au moyen desquels s'opèrent ces manœuvres peuvent être divisés en deux catégories.

Ceux de la première catégorie permettent de faire passer tout un train d'une voie sur l'autre par une manœuvre unique qui se fait généralement avec le moteur ordinaire; ce sont les *changements de voie*.

Ceux de la seconde catégorie exigent une manœuvre spéciale pour chaque véhicule; ce sont les *plaques tournantes* et les *chariots de service*.

Changements de voie. — Supposons qu'aux points *c c*

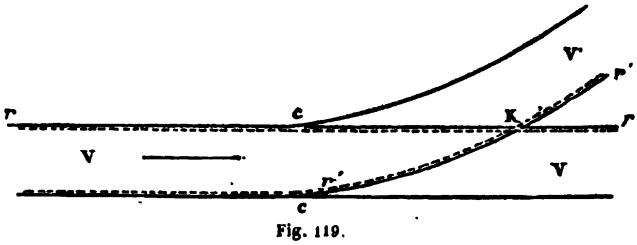


Fig. 119.

(fig. 119) la voie V se bifurque, on conçoit aisément qu'au moyen d'appareils spéciaux, placés en *c*, un convoi qui marche dans la direction de la flèche pourra être guidé soit dans la voie

V, soit dans la voie V', ou bien qu'un convoi venant par une des voies V et V' en un sens inverse de la flèche pourra continuer sa route sur la voie V.

L'appareil placé en *c c* est le *changement de voie* proprement dit.

En K, où les rails des deux voies se coupent, il faut nécessairement une autre disposition particulière qui permette aux rebords des roues dont la trace est indiquée en lignes ponctuées dans la fig. 119 de passer dans les rails *r r* et *r' r'* sans monter sur ces rails. Ce nouvel appareil est le *croisement de voie.*

Tous les changements de voie peuvent être placés dans l'une des trois catégories suivantes :

1° Le changement se compose de deux rails *bd* et *ac* réunis par une entretoise à articulation *o n* (fig. 120). Ces deux rails,

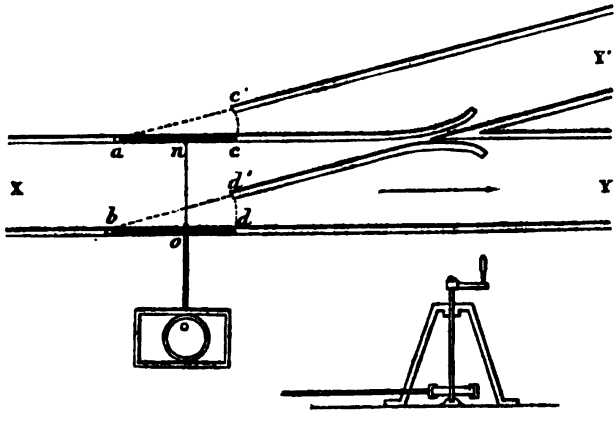


Fig. 120.

qui portent le nom d'aiguilles, peuvent tourner dans le plan du chemin autour de boulons placés en *a* et *b*. Placées dans la direction indiquée par les lignes pleines, elles desservent la voie X Y, en sorte que les convois marchant sur cette voie dans la direction de la flèche, ne manqueront pas de la suivre en laissant de côté la voie oblique. Si faisant tourner les aiguilles autour des boulons *a* et *b* on leur fait prendre les positions *ac'* et *b d'*,

indiquées par les lignes ponctuées, elles desservent au contraire la voie oblique ou, en d'autres termes, elles forcent les convois qui arrivent en *a b* sur la voie XY dans la direction de la flèche à passer sur la voie oblique XY'.

2° La voie est entièrement fixe; elle est simplement interrompue sur une petite longueur en *a b* (fig. 123), afin de donner passage aux bourrelets des roues. Les convois sont alors dirigés sur l'une ou l'autre voie par deux barres de fer plates *c d* et *c' d'*, recourbées à leurs extrémités *c* et *c'*, et tournant dans le plan du chemin autour de boulons *d* et *d'*. On appelle aussi ces barres des aiguilles. Placées comme l'indiquent les lignes pleines, elles permettent au convoi qui vient en X sur la voie XY dans la direction de la flèche, de continuer à se mouvoir en ligne droite sur cette voie, et si on les fait tourner de manière qu'elles prennent la position indiquée en lignes ponctuées, elles forcent le convoi à prendre la voie oblique. En effet, une des roues de devant arrivant en *a*, ne peut passer sur la voie rectiligne parce que l'aiguille l'en empêche; elle est forcée de suivre la voie courbe. La roue jumelle étant solidaire, prend aussi cette voie. Les aiguilles plus hautes que les rails, ainsi que l'indique la coupe transversale (fig. 121), font effet de *contre-rails*, car les bourrelets des roues passant entre le rail et l'aiguille, celle-ci empêche que la machine ou le wagon se jette de côté et sorte ainsi de la voie.

Fig. 121.

Fig. 122.

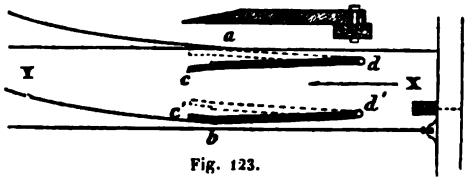


Fig. 123.

Les aiguilles de ces changements à contre-rails sont taillées en biseau en *c* et *c'*, de manière à former un plan incliné, comme le montre la coupe (fig. 122).

3° Dans une troisième espèce de changement de voie, les deux aiguilles sont des bouts de rails effilés en *b* et *b'* (fig. 124),

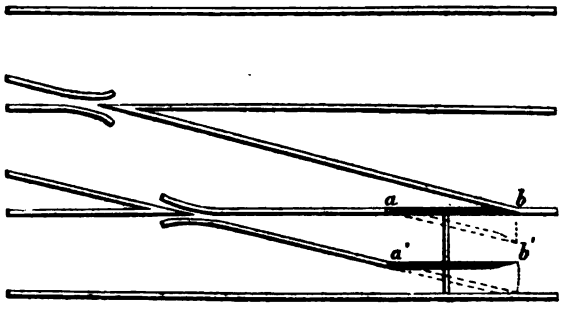


Fig. 124.

et tournant autour de boulons en *a* et *a'*. Les lignes pleines indiquent les aiguilles disposées pour le service de la voie rectiligne, et les lignes ponctuées les mêmes aiguilles placées pour le service de la voie oblique.

Chacun de ces trois systèmes a ses avantages et ses inconvénients; les changements de voie de la première espèce sont très-simples et permettent de rendre la direction extrêmement douce, puisqu'il suffit pour cela de faire les aiguilles très-longues. En outre ils peuvent être disposés avec la plus grande facilité, de manière à desservir un nombre quelconque de voies se rencontrant en un même point. Mais ils sont très-dangereux, parce que si un convoi venant de la voie Y' (fig. 120) dans la direction Y' X, trouve les aiguilles placées dans les positions *ac* et *bd*, il déraille infailliblement. *Cette première espèce de changements de voie à rails mobiles est par cette raison abandonnée sur toutes les lignes établies depuis quelques années, ou du moins on n'en fait usage que dans certains cas particuliers que nous indiquerons plus loin.*

Les changements de la seconde espèce à contre-rails ont sur les précédents l'avantage de ne pas occasionner de déraillement du convoi si l'aiguille est mal placée. Supposons en effet les

aiguilles desservant la voie rectiligne (fig. 123). Un convoi arrivant par la voie oblique n'est pas arrêté, comme on pourrait le supposer, en *c'* par l'aiguille. Le bourrelet de la roue montant sur le plan incliné qu'elle présente à cette extrémité, passe par-dessus l'aiguille; elle va retomber en *b* sur la voie X, et le convoi est ainsi rejeté avec une forte secousse sur cette voie. *Ce changement de voie, d'un autre côté, ne permet que des déviations assez brusques et fatigantes pour le matériel aussi bien que pour les voyageurs. On a cessé pour cette raison d'en faire usage.*

Les changements de la troisième espèce avec rails mobiles amincis à leurs extrémités, de même que les précédents, ne sont nullement dangereux quand les aiguilles sont mal placées. En effet, qu'un convoi marche sur la voie oblique lorsque les aiguilles desservent la voie rectiligne, comme fig. 124, le bourrelet de la première roue arrivant dans l'angle *b* poussera l'aiguille de côté qui sera ainsi chassée de même que l'autre aiguille *a' b'* dans la direction des lignes ponctuées, et le convoi s'engagera sans secousse sur la voie rectiligne. *Ce changement présente en outre une voie non interrompue; aussi est-il aujourd'hui généralement préféré.*

Lorsque dans le cas de la première espèce de changement de voie les wagons passent dans la voie oblique, la pression latérale du bourrelet des roues contre l'aiguille A tend à la pousser de côté. Elle doit être alors manœuvrée et soutenue par un levier d'une espèce particulière et excentrique, que nous avons indiqué dans la figure 120 ou par des leviers du même genre que nous décrirons un peu plus loin.

Dans le changement de la troisième espèce l'aiguille est soutenue par le rail. On la manœuvre à l'aide d'un levier dont nous représenterons la disposition.

La figure 125 représente le changement de voie de la première espèce, employé au chemin de Saint-Germain. Les aiguilles étaient de simples rails *américains*, portant à leur extrémité, placée du côté de la voie unique, un

renflement *r r* percé d'un trou vertical. Ce renflement s'appuyant sur une saillie venue de fonte avec le coussinet extrême de la voie unique, tous deux étaient traversés par

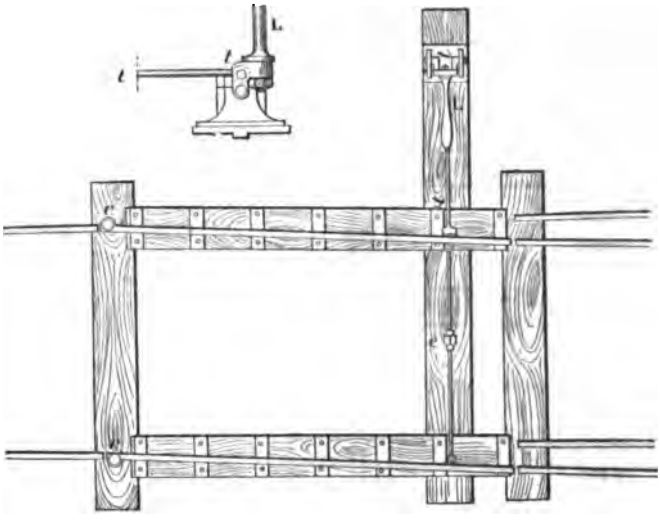


Fig. 125.

un goujon en fer, autour duquel tournait l'aiguille; celle-ci s'appuyait de distance en distance sur de petites platines en fer fixées sur les longuerines du châssis qui portait les aiguilles. Les deux aiguilles étaient reliées entre elles par une entretoise en fer dont on réglait la longueur au moyen d'un écrou *e* à filets inverses. Le levier *l* et la tringle *t t* servaient à manœuvrer les aiguilles. Ces aiguilles étaient trop faibles pour pouvoir résister à la pression du bourrelet des roues; elles se déversaient d'ailleurs par suite de cette pression.

En Belgique on a cherché à les consolider en les fixant sur une forte bande de tôle qui leur donnait plus d'assiette.

Aux chemins d'Orléans et de Birmingham on a composé chaque aiguille de deux rails fixés du côté des deux voies sur

un coussinet double qui tourne autour d'un goujon (fig. 126). Les deux rails sont

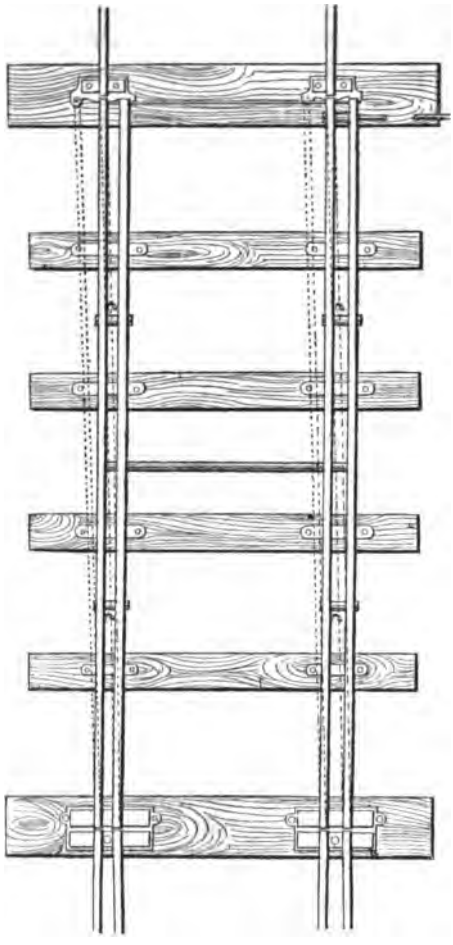


Fig. 126.

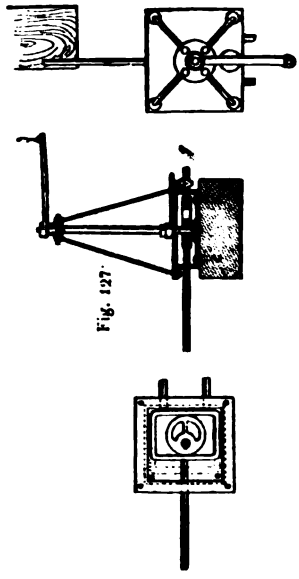


Fig. 127.

en outre réunis de distance en distance par de petites entretoises *e e* en fer. La manœuvre se faisait au moyen d'un arbre à manivelle muni d'un excentrique.

La ligne pleine indique la position de l'excentrique pour une première direction des aiguilles. La ligne ponctuée, sa position pour la seconde direction. Cet excentrique, en tournant, entraîne un châssis rectangulaire auquel est fixée la tringle qui réunit les aiguilles. On lui imprime le mouvement de rotation au moyen de l'arbre vertical à manivelle, fig. 127.

Malgré leur simplicité, ces systèmes ne sont plus guère employés que pour les terrassements. Dans ce cas les aiguilles sont de simples rails munis de leurs coussinets. L'articulation se fait du côté de la voie unique en ne fixant chaque coussinet que par une cheville. Les coussinets de l'autre extrémité des aiguilles sont fixés sur une bande de fer plat qui glisse sur une traverse de la voie et qui est manœuvrée au moyen d'un levier.

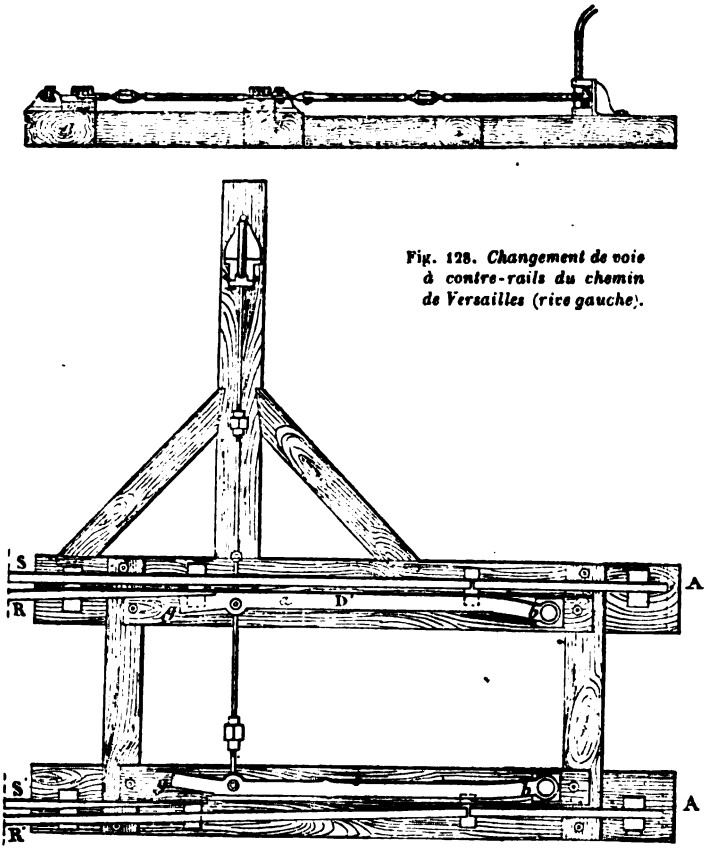


Fig. 128. *Changement de voie à contre-rails du chemin de Versailles (rive gauche).*

La figure 128 représente un changement de voie de la seconde espèce établi au chemin de fer de Versailles (rive gau-

che). Elle indique que les contre-rails reposent sur des madriers en bois dans lesquels sont incrustées de distance en distance des platines en fer. D'autres fois ils glissent simplement sur des nervures venues de fonte avec les coussinets de la voie.

Le premier changement de voie à aiguille effilée est dû à Stéphenson, il n'avait qu'une aiguille mobile (fig. 129). Les deux rails extérieurs A R et A'S' ne présentaient aucune discontinuité. Le rail intérieur S S de la voie droite était aminci pour donner passage aux bourrelets des roues. Enfin le rail *b* était mobile autour de l'articulation *b*; le rail A'S' était entaillé de manière que l'aiguille pût s'appliquer contre ce rail sur une certaine longueur, et conserver partout une force suffisante. Un contre-rail fixe D évasé à ses extrémités pour faciliter l'entrée des bourrelets des roues était fixé aux coussinets de la voie du côté opposé à l'aiguille. Un contre-poids suspendu au levier de manœuvre tenait l'aiguille appliquée contre

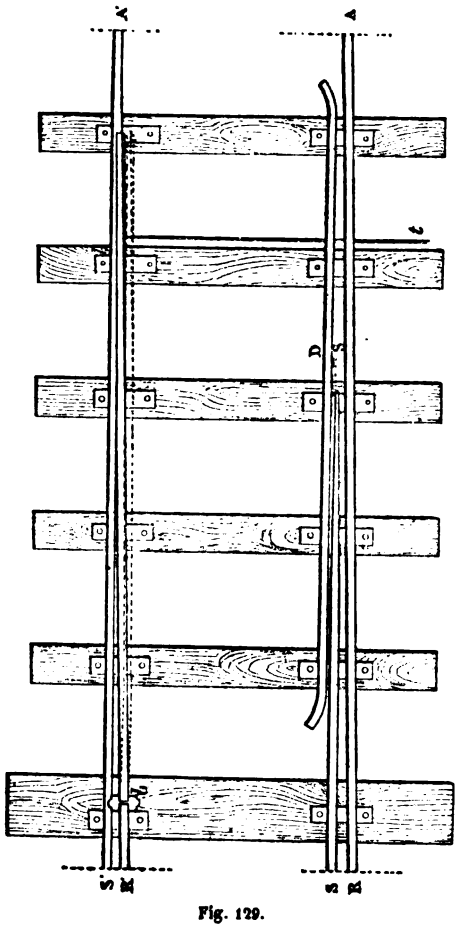


Fig. 129.

le rail A′ S′ par l'intermédiaire de la tringle *t*, de sorte que la voie oblique était habituellement ouverte.

L'aiguille étant placée dans sa position normale tracée en traits pleins dans la figure 129, un train marchant dans un sens ou dans l'autre passait de la voie oblique sur la voie droite ou inversement. Si le train marchant sur la voie droite SA, S′A′ dans la direction S′A′ arrivait sur le changement de voie, chacune des roues écartait à son tour l'aiguille en soulevant le contre-poids et l'aiguille ne reprenait sa position que quand la dernière roue du train avait passé le changement de voie. Le contre-rail D maintenant l'une des roues, empêchait dans ce cas la roue jumelle dont le bourrelet marche entre l'aiguille et le rail S′ de venir buter contre l'entaille de ce rail. Si enfin un train arrivant par la voie unique en sens inverse devait continuer à marcher sur la voie S S′ il fallait qu'un ouvrier spécial, l'aiguilleur, manœuvrât le levier et écartât l'aiguille de sa position normale pendant toute la durée du passage du train.

La pointe fixe S de ce changement de voie ne résistait pas longtemps aux pressions auxquelles elle était soumise, et de plus, les convois en passant pour marcher dans la direction rectiligne sur la lacune S, éprouvaient une secousse; on a remplacé cette pointe par une seconde aiguille, en général plus courte que la première, mais construite de la même manière, et l'on a été amené ainsi à l'établissement des changements de voie à deux aiguilles effilées, dont nous avons déjà fait mention (fig. 130). Afin de conserver à ces aiguilles une force suffisante, on les coude légèrement à partir du point *a* où leur champignon rencontre celui des rails. On les tord en outre de manière qu'elles deviennent verticales près de leur pointe. Elles ont l'inclinaison de $\frac{1}{20}$ comme les rails dans la partie voisine du talon.

Un important perfectionnement a été apporté aux changements de voie de ce système par un ingénieur anglais M. Wyld.

Dans cette nouvelle disposition représentée (fig. 131) les ai-

guilles sont coupées en biseau à leurs extrémités qui viennent se loger sous les champignons des rails; les roues ne passant plus alors sur la partie la plus étroite des aiguilles, ne les écrasent pas comme dans l'autre système, et le rail n'étant plus entaillé on évite les secousses, ce qui permet de supprimer le contre-rail.

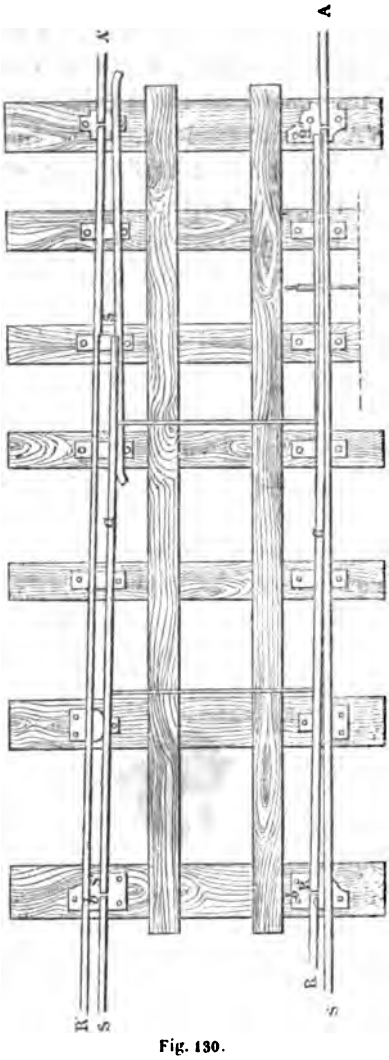


Fig. 130.

Il est important de ne pas donner aux deux aiguilles la même longueur. En effet, supposons qu'une petite pierre se trouvant sur la voie ait empêché l'aiguille de la voie oblique de se fermer complétement, ou bien que les deux aiguilles se trouvent dans une position intermédiaire entre les deux positions normales parce que le mécanisme rouillé ne fonctionnait qu'imparfaitement, le bourrelet de l'une des roues de la machine placée en tête s'engageant alors derrière l'aiguille de la voie oblique sur la voie rectiligne, poussera cette aiguille de côté, et la petite aiguille, suivant la grande, viendra s'appliquer contre le rail fixe. La roue jumelle, ne rencontrant alors la pointe de la petite aiguille que

lorsque la première roue aura dépassé celle de la grande, marchera sur la voie rectiligne aussi bien que l'autre. Si au

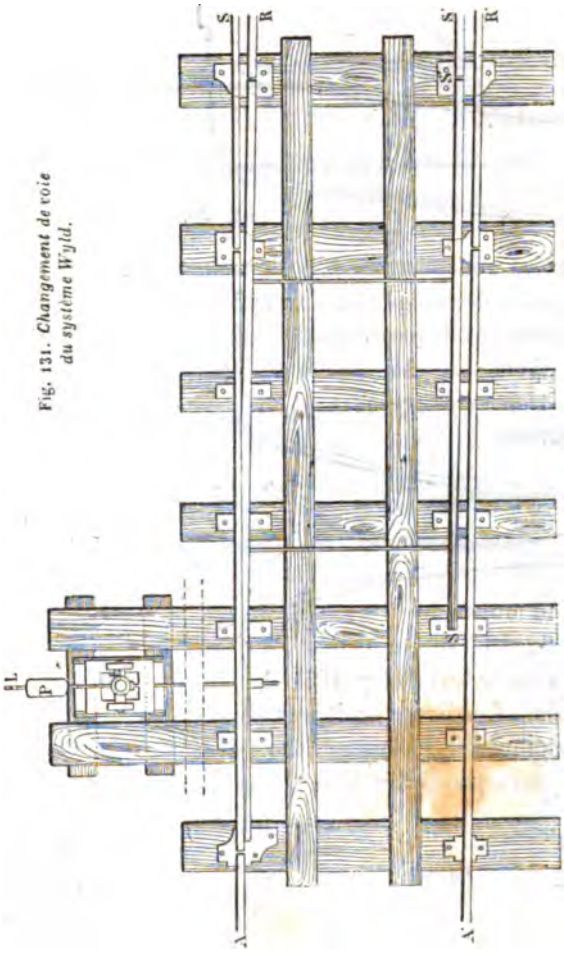


Fig. 131. *Changement de voie du système Wyld.*

contraire les aiguilles étaient de même longueur, les deux roues arrivant en même temps vis-à-vis des pointes des deux aiguilles, l'une suivrait la voie rectiligne et l'autre la voie courbe.

On ne peut admettre des aiguilles d'inégale longueur que lorsque l'une des voies est droite et l'autre courbe (fig. 132); si les

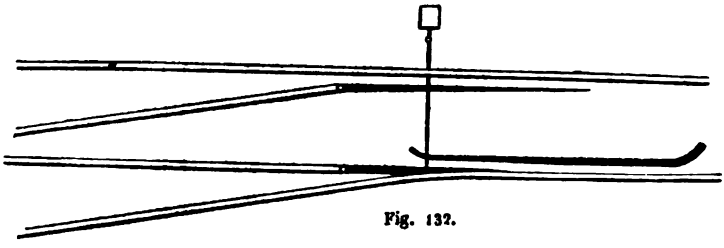


Fig. 132.

deux voies sont courbes et également inclinées sur une droite (fig. 133) les deux aiguilles doivent être nécessairement de longueurs égales.

Les aiguilles du changement de voie de la troisième espèce sont manœuvrées

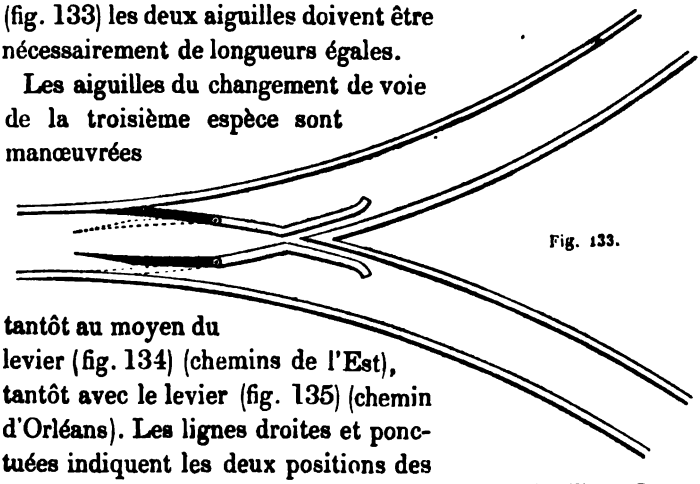


Fig. 133.

tantôt au moyen du levier (fig. 134) (chemins de l'Est), tantôt avec le levier (fig. 135) (chemin d'Orléans). Les lignes droites et ponctuées indiquent les deux positions des leviers correspondant aux deux positions des aiguilles. On remarque dans la première espèce de levier une barre perpendiculaire terminée par un contre-poids P. Cette barre s'emmanche sur le levier au moyen d'un œil ménagé en N. Quand on change le levier de posi-

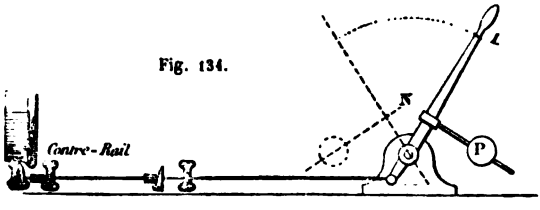


Fig. 134.

tion, on fait tourner la barre sur le levier, de manière à la faire passer avec son contre-poids du côté opposé. Le contre-

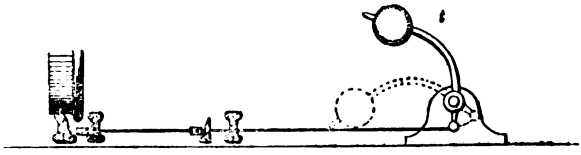


Fig. 135.

poids sert alors à maintenir le levier en place, quelle que soit sa position (fig. 134 et 136).

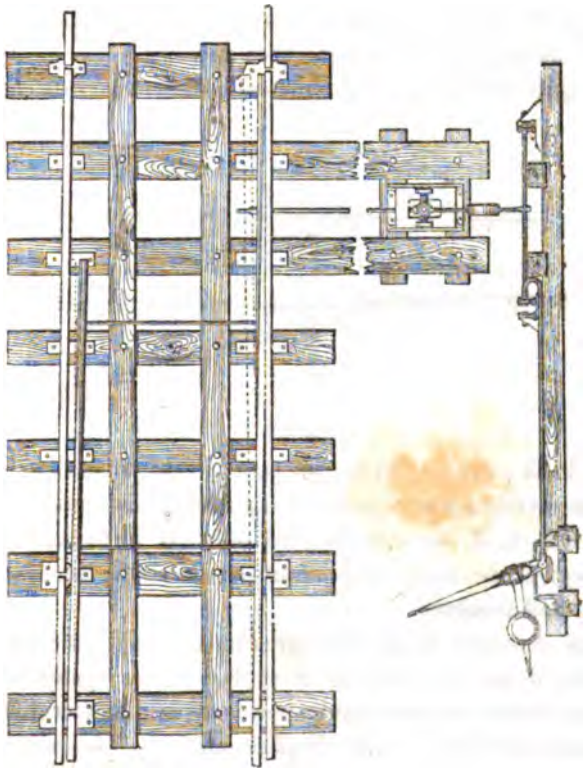


Fig. 136.

Dans le système (fig. 135) le contre-poids étant placé à l'ex-

trémité du levier, tend à le ramener constamment dans la position en ligne ponctuée. Il ne peut se maintenir dans l'autre qu'autant qu'il a été soulevé et qu'il est soutenu par l'aiguilleur. Cette espèce de levier convient donc toutes les fois que l'on ne passe qu'exceptionnellement sur la voie desservie dans le cas de la position *t* du levier; mais elle est dangereuse, en ce que si dans ce cas l'aiguilleur vient à abandonner le levier avant que la totalité du convoi ait passé sur cette voie, une partie suivra la voie oblique et l'autre la voie rectiligne, de telle sorte que le déraillement deviendra inévitable. L'autre disposition est plus répandue.

Nous devons faire mention aussi des changements de voie pour trois ou un plus grand nombre de voies.

La figure 137 indique suffisamment comment avec un change-

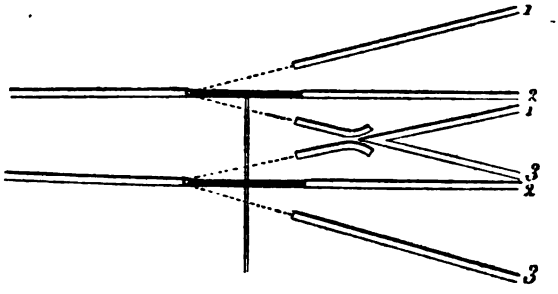


Fig. 137.

ment de la première espèce on peut desservir trois voies en faisant prendre aux aiguilles les positions indiquées par les chiffres 1, 2, 3. On conçoit sans difficulté qu'avec le même changement de voies on pourrait en desservir au besoin un plus grand nombre.

Pour desservir trois voies avec un changement à aiguilles effilées, il faut nécessairement employer deux systèmes d'aiguilles, chaque système étant manœuvré par un levier différent. La figure 138 indique cette disposition.

Les deux aiguilles *aa'*, *bb'* forment un premier système, et celles *cc'*, *dd'* un autre système. Dans la position occupée par les

aiguilles c'est la voie droite qui est desservie. Pour desservir la voie G, on change la position des aiguilles aa', bb' avec le levier L, de manière à leur faire prendre la direction ca' et db', et pour desservir la voie D on manœuvre à l'aide du levier L les aiguilles cc', dd', de façon qu'elles se dirigent suivant la ligne ac et bd'.

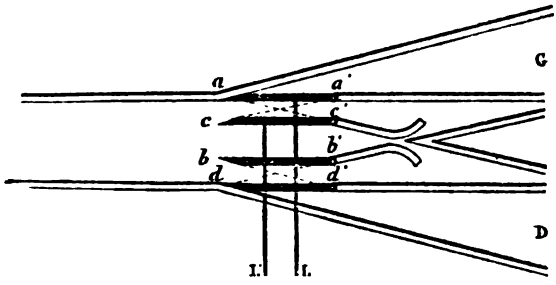


Fig 138.

La figure 137 représente un changement à trois voies de cette dernière espèce, des chemins de fer de l'Est. Les quatre aiguilles sont reliées deux à deux par des tringles à filets inverses fixées par leurs extrémités aux leviers L et L'. Chaque couple est manœuvré par un de ces deux leviers. Dans la figure, la voie unique communique avec la voie S. Si l'on manœuvre le levier L de manière à appliquer l'aiguille M contre le rail SB et à écarter celle M' b du rail S''A, la voie S' se trouvera ouverte. Enfin, en appliquant M'' et écartant M''' au moyen du levier L' on ouvrira la voie S'''.

Croisements de voies. — Nous avons dit précédemment que, au point où les rails des deux voies se coupent, il faut donner passage aux bourrelets des roues. A cet effet, les deux rails R et S se rapprochent jusqu'en a (fig. 140), où leur écartement n'est plus que de $0^{m},04$, puis ils se recourbent de manière à former contre-rail. En b, où les deux faces intérieures de leurs champignons prolongés se coupent, les deux rails assemblés forment une pointe appelée *cœur*. Un convoi marchant dans le sens indiqué par la flèche, serait exposé à dérailler si l'on ne prenait d'autres précautions, car ses roues de gauche

pourraient s'engager dans la rainure *am* au lieu de suivre *an*.

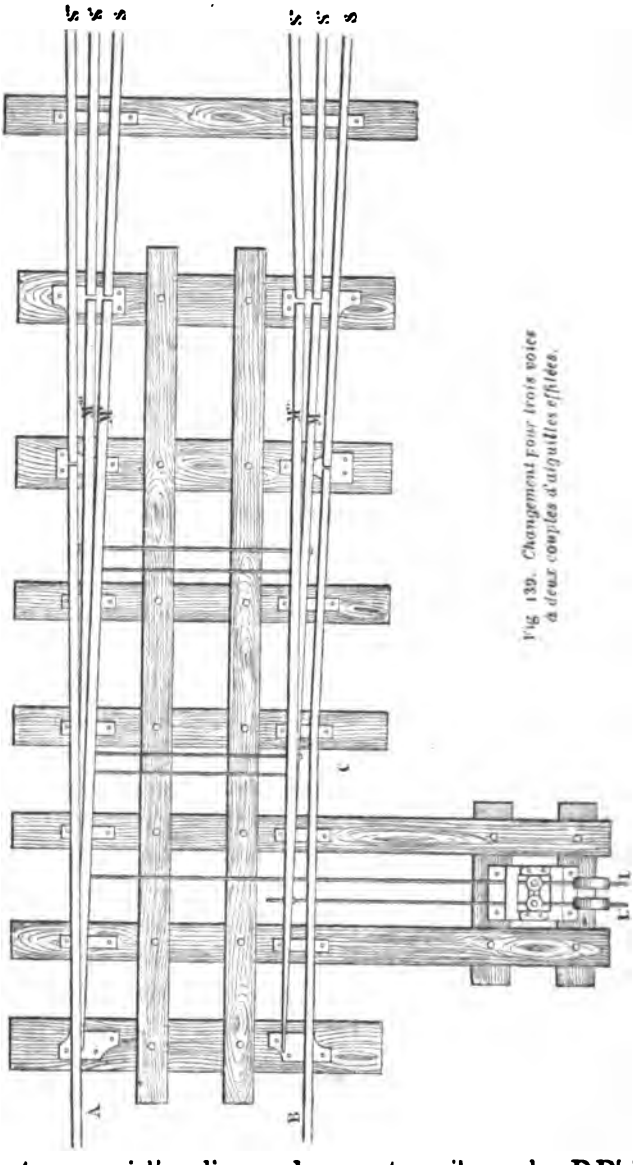


Fig. 139. *Changement pour trois voies à deux couples d'aiguilles effilées.*

C'est pourquoi l'on dispose deux contre-rails croches D D' dans

le voisinage des rails non interrompus ; le contre-rail D guide les roues de droite du train jusqu'à ce que celles de gauche soient engagées dans la rainure *an*. Le contre-rail D' agit de

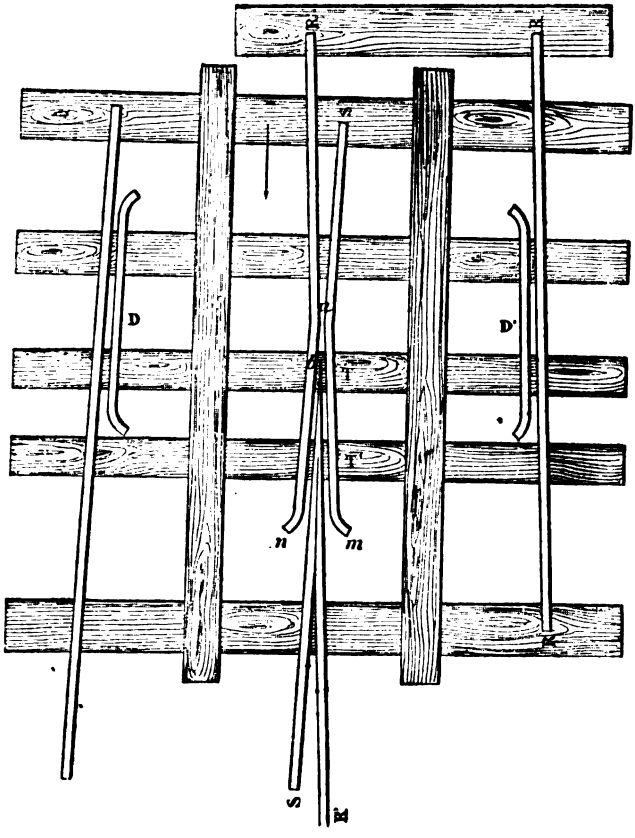


Fig. 140.

même pour la voie RR'. Ces contre-rails empêchent en outre les déraillements par l'effet des secousses.

On voit que de *a* en *b* les roues cessent d'appuyer sur le bord du rail. Elles ne portent que par leurs extrémités sur les parties coudées. Ce mode de roulement est anormal et exerce une influence nuisible sur la conservation du matériel ; il con-

vient donc de diminuer l'espace *a b* en faisant l'angle du croisement le moins aigu possible. Mais comme d'un autre côté un angle très-ouvert force à donner aux voies des courbures de petits rayons ; on détermine ordinairement cet angle de manière que le rayon soit de 5 degrés 1/2.

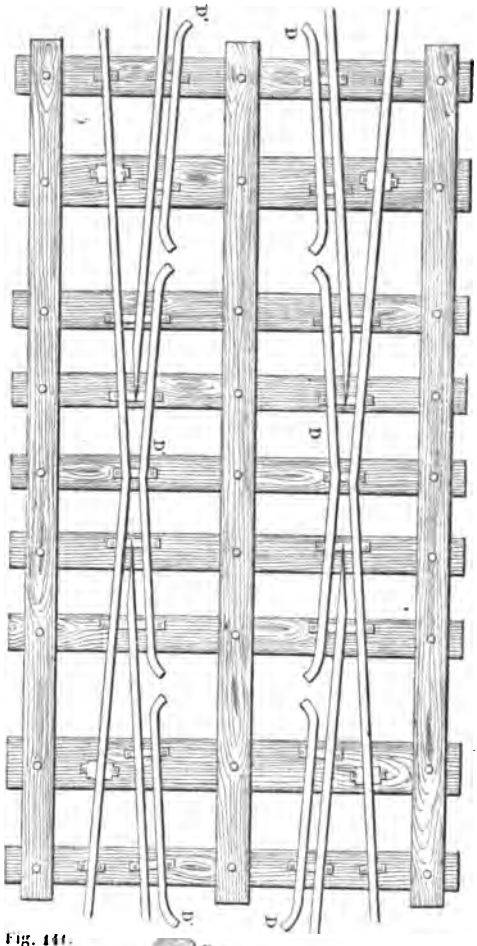


Fig. 141.

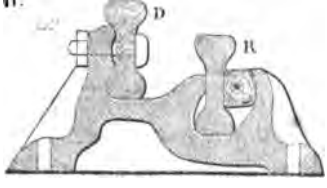


Fig. 142.

L'usure de la pointe et surtout des coudes en *a* est très-rapide ; on la combat en soudant sur ces parties des mises d'acier et en les soutenant par des coussinets très-rapprochés d'une forme particulière. La coupe 142 indique la position relative du rail et du contre-rail. On a essayé récemment sur plusieurs chemins de fer à l'empla-

cement des changements et croisements de voie des rails durcis au moyen d'un alliage d'étain, mais le succès en est fort douteux.

En général le cœur est formé de deux bouts de rails ajustés et assemblés au moyen de vis; quelquefois ils sont soudés ensemble. On construit maintenant en Angleterre des cœurs qui sont enlevés à la machine à raboter dans une masse de fer.

Enfin, en Angleterre, au chemin de Newcastle à Carlisle, on a cherché à supprimer l'interruption des rails en rendant mobiles les deux portions du croisement qui forment contre-rails. Cet appareil étant sujet à se déranger, son usage ne s'est pas répandu.

Les chemins de fer de Saint-Germain et de Versailles (rive droite) ont sur une longueur de 6 kilomètres, à partir de Paris, un tronc commun. Sur cette partie de la ligne il n'y avait anciennement que trois voies; tous les trains partant de Paris, pour l'une ou l'autre destination, prenaient celle du milieu; les trains venant de Versailles ou de Saint-Germain arrivaient à Paris par les deux voies latérales.

La bifurcation de la voie unique était placée à Asnières, en un point où les convois sont animés d'une grande vitesse. Cette circonstance a forcé à rendre la déviation très-douce; avec les appareils ordinaires, le croisement qui est très-aigu aurait présenté une interruption de la voie qui eût été dangereuse.

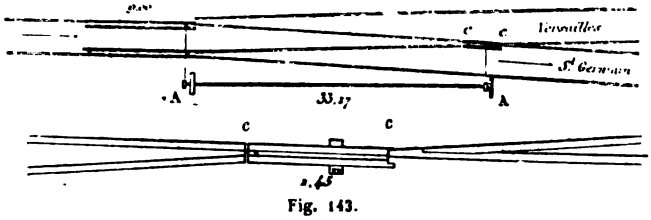


Fig. 143.

On a été conduit à adopter un croisement mobile *c c* représenté (fig. 143), et en même temps que ce croisement un changement de la première espèce avec des aiguilles très-allongées.

Les aiguilles du changement et celles du croisement étaient manœuvrées simultanément par l'intermédiaire d'un arbre A A fixé le long de la voie.

Il n'y avait dans ce cas particulier aucun danger à employer le changement de la première espèce, attendu que les convois ne marchaient sur les voies de Versailles et de Saint-Germain que dans une seule direction, celle de Paris vers l'une ou l'autre de ces villes. Les aiguilles étant mal placées, les convois prenaient le chemin de Versailles au lieu de prendre celui de Saint-Germain, ou *vice versâ*, mais il n'y avait nul risque de dérailler.

Depuis le raccordement de la ligne de l'Ouest, avec celle de Versailles (rive droite), et l'établissement de celle d'Auteuil, ces dispositions ont été modifiées.

Dans les travaux de terrassement on fait usage d'un croisement de voie fort simple qui mérite d'être mentionné. Il consiste en un rail ordinaire A A (fig. 144) portant en son milieu et à ses deux extrémités trois coussinets C A A. Le coussinet C n'est fixé que par une cheville *c* qui lui sert d'axe de rotation. On conçoit dès lors qu'il suffit d'amener le rail dans l'une ou l'autre des positions indiquées dans la figure 144 pour ouvrir l'une ou l'autre voie. On maintient l'aiguille en place en fixant les coussinets A A au moyen de chevilles enfoncées dans les traverses qui les supportent.

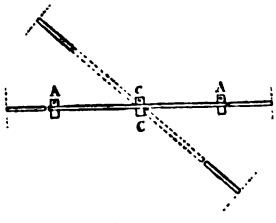


Fig. 144.

Traversées de voie. — Quand une voie en coupe une autre sous un angle plus ou moins aigu, sans venir s'embrancher sur celle-ci (fig. 141 et 145), disposition appelée *traversée de voie*, il faut, outre deux croi-

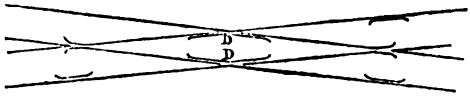


Fig. 145.

sements, une disposition analogue, dite *coupement de voies*, dont ces figures rendent suffisamment compte. Les deux grands contre-rails coudés D D′ sont indispensables pour éviter qu'un train engagé dans l'une des voies puisse passer sur l'autre voie.

Si la traversée se fait sous un angle droit ou à peu près droit, il suffit d'entailler les rails des voies transversales et principales, de manière à permettre le passage des bourrelets des roues sur l'une et sur l'autre des deux voies (fig. 146).

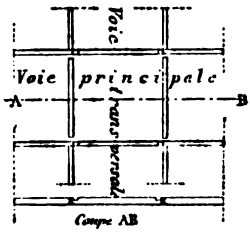


Fig 146.

Les croisements et les changements de voies sont établis sur des châssis en charpente afin de toujours présenter une invariabilité de forme absolue.

Les voies qui relient les changements aux croisements sont posées sur des traverses à la manière ordinaire, seulement les longueurs des rails et l'espacement des traverses doivent être tels que le bourrage d'une traverse ne soit pas gêné par la voisine.

Anciennement on employait des croisements tout en fonte. Les voies étaient alors interrompues dans l'espace *a b c d* (fig. 147) et remplacées par une plaque en fonte portant les rails et contre-rails coulés en saillie sur cette plaque. Les croisements de voie en fonte sont aujourd'hui abandonnés à cause de leur grande fragilité.

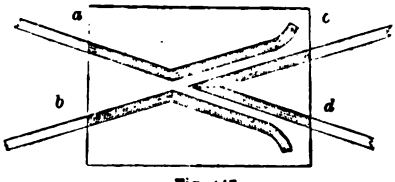


Fig. 147.

Dans les travaux de terrassement on s'est aussi servi de croisements en bois et fer. Ce sont des plaques épaisses en bois sur lesquelles on a ménagé des saillies formant rails et contre-rails. Ces saillies sont recouvertes de bandes de fer.

Plaques tournantes. — Les plaques tournantes sont des portions de voie mobile autour d'un axe placé en leur milieu.

Cette portion de voie mobile est ordinairement fixée à un plateau circulaire tournant sur un pivot et sur des galets. Supposons en effet deux voies V et V′ se croisant sous un angle quelconque. Un wagon arrive sur la voie V (fig. 148), il faut le faire passer sur la voie V′. Les voies V et V′ sont alors interrompues en *a b c d*, et *a′ b′ c′ d′*. Un cercle est tracé du point K comme centre avec un rayon K *a*, et l'espace renfermé dans ce cercle est creusé jusqu'à une profondeur d'environ $0^m,80$.

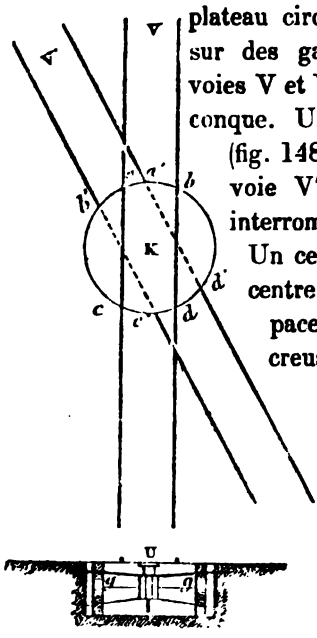


Fig. 148.

Cette fosse, dont les bords sont soutenus par différents moyens que nous indiquerons plus loin, est couverte par un plateau en bois ou en métal reposant au centre sur un pivot U et vers ses bords sur des galets *g*, *g′* ; le plateau porte un bout de voie *a c b d*. On pousse le wagon de la voie V sur le plateau qui doit être assez grand pour le recevoir. On fait faire au plateau une portion de tour, de façon que le rail *a c* prenne la direction *b′ c′* et le rail *b d* la direction *a′ d′*, et on pousse alors le wagon du plateau sur la voie V′.

La même plaque tournante pourrait servir à faire passer le wagon sur une seconde et une troisième voie, etc. Mais il n'y aurait toujours qu'une seule voie de continue, toutes les autres seraient interrompues.

Quand deux voies se coupent à angles droits, comme (fig. 149) ce qui arrive assez fréquemment, on se sert quelquefois de plaques portant deux bouts de voies en croix.

Les deux voies sont alors continues, mais il faut, pour donner passage aux bourrelets des roues, ménager aux points d'intersection des deux bouts de voies des lacunes qui occasionnent des secousses. C'est pourquoi on préfère, pour le service des voies principales, les plaques à une voie seulement.

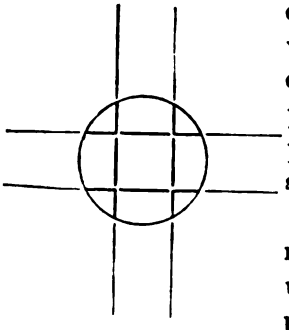


Fig. 149.

On emploie aussi les plaques tournantes pour passer d'une voie sur une voie parallèle. Il faut alors une plaque sur chaque voie et les deux plaques doivent être réunies par un petit bout de voie transversale (fig. 150).

Supposons le véhicule sur la voie V. On l'amène de cette voie sur la plaque P, de la plaque P on le fait passer sur celle P', et de la plaque P' sur la voie V'.

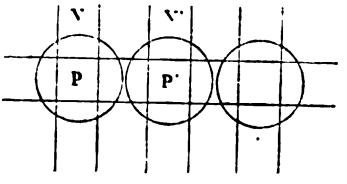


Fig. 150.

Quand les deux voies sont trop rapprochées pour qu'on puisse placer les plaques sur une perpendiculaire à leur axe, on les dispose obliquement comme figure 151 et pour simplifier autant que possible les manœuvres, on pose sur chacune des plaques trois voies, faisant avec chacune un angle de 120°.

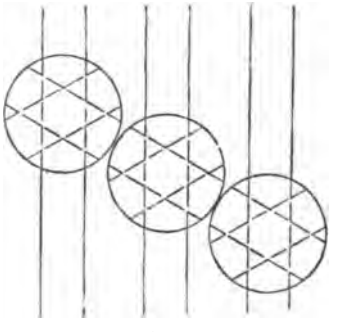


Fig. 151.

En étudiant les plans des gares que nous donnerons dans le chapitre suivant, on verra comment on a pu aussi, avec une seule plaque, desservir plusieurs voies parallèles.

Le diamètre des plaques tournantes est variable. Celles qui ne sont destinées qu'à porter des wagons à voyageurs ou à marchandises n'ont eu jusqu'à ce jour sur les chemins de l'Est que 3m,40 de diamètre; mais comme on a été conduit à augmenter l'écartement des essieux dans les voitures à grande vitesse pour leur donner plus de stabilité et dans les autres voitures afin d'augmenter la longueur des remises, ces plaques vont être toutes remplacées dans les parties du chemin où passent les voitures à voyageurs par des plaques de 4m,50. Les anciennes plaques de 3m,40 seront toutes reléguées dans les gares de marchandises et l'on regrette même pour le service des marchandises qu'elles soient d'aussi faible diamètre.

En général il convient, dans la prévision d'une augmentation dans l'écartement des essieux des wagons ou des locomotives, de donner aux plaques tournantes un plus grand diamètre que celui qui paraît strictement nécessaire. Il en résulte un petit accroissement de dépense, mais cet inconvénient est largement compensé par l'avantage que l'on trouve à pouvoir plus tard modifier le matériel roulant.

Les premières plaques pour locomotives du chemin de l'Est n'avaient que 5 mètres de diamètre. Aujourd'hui on donne aux nouvelles 6 mètres.

Certaines plaques doivent porter en même temps la locomotive et le tender. Celles-là ont jusqu'à 11m,60 mètres de diamètre.

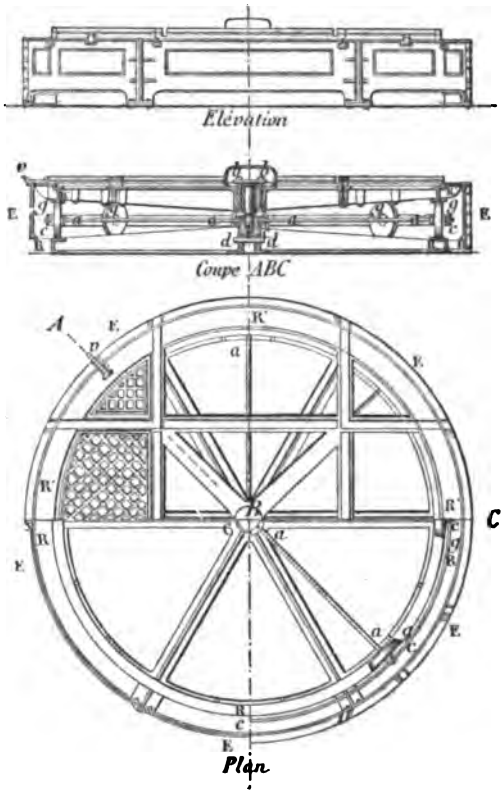
Les plaques tournantes sur un chemin de fer où la circulation est active sont très-nombreuses. Elles constituent une dépense première considérable et doivent par conséquent être établies économiquement et solidement.

Nous allons, après en avoir indiqué les dispositions générales, entrer dans certains détails sur leur mode de construction et décrire celles en usage sur plusieurs lignes.

La figure 152 représente la plaque de 3m,40 du chemin de Strasbourg.

Les galets *g* de cette plaque roulent entre deux chemins de fer circulaires qui sont venus de fonte avec la partie mobile et

la partie fixe de la plaque. Ces galets sont coniques, ainsi que les *cercles de roulement* sur lesquels ils portent; de cette façon ils roulent sur ces cercles sans qu'aucun de leurs points soit obligé de glisser. En effet, les points de ces galets parcourent des espaces proportionnels à leurs distances à l'axe de la plaque ; si donc ils étaient cylindriques, un seul point du galet roulerait ; tous les autres devraient glisser pour arriver dans la position qu'ils doivent occuper après que la plaque a tourné d'un certain angle.



[Fig. 152. *Plaques de 3m,40 du chemin de Strasbourg.*

Les galets sont maintenus à égale distance du centre de la plaque par leurs axes *a* dirigés dans le sens des rayons et fixés entre deux rondelles, qui entourent la crapaudine. Un cercle *c* relie les extrémités des axes et maintient ainsi l'écartement des galets entre eux.

La partie fixe de la plaque se compose du cercle de roulement R, qui est tourné avec soin, de ses six bras et de la cra-

paudine C; le tout est coulé d'un seul morceau. Les prolongements des bras servent à fixer la *cuve d'enceinte* E, formée de six segments en fonte assemblés entre eux à brides et à boulons. Ces segments portent les huit logements dans lesquels se fixent les abouts des rails des deux voies et quatre entailles pour le *verrou v* de la partie mobile dont nous nous occuperons ci-après.

La partie fixe repose sur une fondation de sable que l'on pilonne par couches minces après l'avoir arrosée; elle est entourée de briques jointives dans sa partie inférieure, puis maintenue dans tout son pourtour par du sable pilonné avec soin.

Cette fondation est très-économique, dure longtemps, se répare et se déplace facilement.

La partie mobile de la plaque se compose essentiellement du cercle de roulement R', des bras et du moyeu ; les bras sont au nombre de quatre, ils sont parallèles deux à deux et écartés de $1^m,50$ d'axe en axe (largeur de la voie); les deux paires de bras enfin sont perpendiculaires entre elles. Le moyeu est alézé avec soin pour recevoir le pivot ; il est relié aux autres parties du plateau mobile par un croisillon dont les extrémités aboutissent aux intersections des bras principaux.

Les rails de la plaque reposent sur ces bras principaux par l'intermédiaire d'une petite lame de bois destinée à amortir les chocs. Ces rails, afin de laisser passer les bourrelets des roues, sont formés de quatre équerres et de quatre barres droites; ils sont fixés sur les bras au moyen de 36 boulons qui traversent ces bras par autant de renflements.

Le *pivot* est en fer, tourné dans toute sa longueur de manière à glisser à frottement doux dans le moyeu, et muni d'un grain en acier à sa partie inférieure.

On règle sa position par rapport au plateau mobile au moyen de quatre gros boulons *b* dont les écrous appuient sur la rondelle qui lui sert de tête. En serrant ces écrous, on soulève le plateau mobile puisqu'on augmente la saillie du pivot sous ce plateau.

Le grain du pivot repose sur un autre grain en acier logé dans la crapaudine de la partie fixe de la plaque; une clavette *d* permet de soulever ou d'abaisser ce grain d'une petite quantité.

Les intervalles des bras du plateau mobile sont recouverts quelquefois de plaques gaufrées en fonte et souvent d'un tablier en bois. Le bois est beaucoup moins cher que la fonte et il est moins sujet à se rompre quand un wagon déraille sur la plaque. Les secousses qui ont lieu quand un véhicule passe de la voie sur la plaque ou sur les interruptions des rails sont ainsi considérablement adoucies. Ces plaques portent le nom de *plaques de recouvrement*. Une cloche de recouvrement en fonte préserve le pivot de la poussière et de la boue.

Le plateau mobile est muni d'au moins un *verrou v* en fer tournant autour d'un axe horizontal. Quand on veut tourner la plaque on soulève ce verrou, et lorsque ses rails sont arrivés en face de la voie sur laquelle on veut placer le wagon, on le fait tomber dans une des entailles de la cuve d'enceinte dont nous avons parlé précédemment.

Ces plaques sont d'un assez bon usage sur les voies parcourues exclusivement par des wagons; mais, quand elles sont placées sur les voies parcourues par les machines, leur fondation tasse, ce qui amène fréquemment la rupture des plateaux mobiles à la rencontre des bras et des croisillons. On a été conduit à donner plus d'empatement à cette fondation, en interposant, entre le sable et la cuve, partie fixe de la plaque, de forts madriers dirigés dans le sens de la voie parcourue par les machines.

Dans plusieurs anciennes plaques on a fait usage de galets à jante arrondie (fig. 153 et 154), ce qui permettait de les employer bruts de fonte. Cette forme est vicieuse; elle donne lieu à une usure rapide des galets et du cercle de roulement et, par son défaut de stabilité, à des dérangements continuels dans la position des galets.

Il est important que les galets se trouvent le plus près pos-

sible du pourtour de la plaque. Sur plusieurs chemins de fer français, on les a, dans l'origine, rapprochés du centre de la plaque, par raison d'économie. Le porte-à-faux qui en est résulté pour les parties extérieures au cercle de roulement a occasionné des ruptures fréquentes.

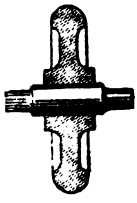


Fig. 153.

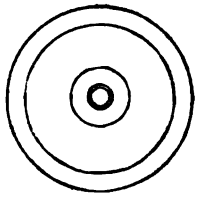


Fig. 154.

Dans la plaque du chemin de fer de Paris à Strasbourg, nous avons vu que les galets roulent entre les deux cercles tournés et que les axes servent uniquement à les empêcher de s'écarter du pivot. Ce mode de construction est le plus convenable, puisqu'il ne donne lieu qu'à des *frottements de roulement* beaucoup plus faibles que les *frottements de glissement*, et rend, par conséquent, la manœuvre de la plaque très-facile. Mais il est coûteux parce qu'il oblige à tourner les deux cercles de roulement. Sur plusieurs lignes on fait usage de galets dont les axes sont fixés, soit sur la fondation, soit sur le plateau mobile. Dans ce cas, le galet est quelquefois mobile sur son axe (fig. 155). D'autres fois il est fixé sur cet axe qui alors repose sur des coussinets faisant partie de la fondation, ou bien, il supporte le plateau mobile par l'intermédiaire de coussinets semblables fixés sous ce plateau. La première disposition est vicieuse en ce qu'elle rend les réparations difficiles quand, par suite de l'usure, les galets ballottent sur leurs axes.

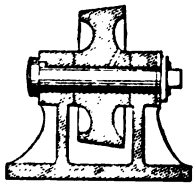


Fig. 155.

Les plaques de ces trois systèmes sont économiques, car elles n'ont qu'un cercle de roulement, mais leur manœuvre est difficile à moins qu'on ne donne aux galets de très-grands diamètres, ce qui force à augmenter la profondeur et par conséquent le poids de la cuve. Si malgré cela, on se décide à en faire usage, on pourra, sans grands inconvénients, employer les galets à jante arrondie, pourvu qu'ils soient fixés sur des axes

d'une certaine longueur; moyennant ces deux précautions, ils seront peu sujets à se déverser.

La figure 156 représente une plaque du chemin d'Orléans à Bordeaux avec un seul cercle de roulement dans laquelle on a

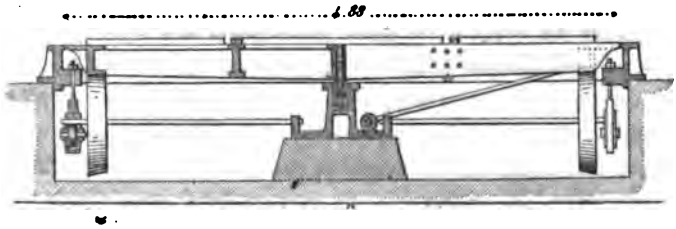


Fig. 156. *Plaque du chemin d'Orléans à Bordeaux.*

diminué la résistance en faisant reposer les axes des galets qui supportent le plateau mobile sur d'autres galets de petit diamètre et en leur donnant de grands diamètres. Des écrous et boulons servent à régler la hauteur de ces galets.

Les plateaux mobiles diffèrent peu de celui de la plaque du chemin de Strasbourg.

Quand leur diamètre dépasse 4 mètres, on les fait presque toujours en deux pièces assemblées à boulons, suivant un diamètre parallèle à l'axe des voies. Au chemin de fer de Paris à Strasbourg on a même, pour les plaques de 6 mètres, rapporté les croisillons ; cette disposition est bonne, car les plaques cassent presque toujours à l'entre-croisement des bras où le retrait de la fonte donne lieu à des tensions inégales qui en diminuent la résistance.

Au chemin de Bristol, le plateau est recouvert d'un fort plancher en chêne sur lequel les rails sont fixés.

La partie fixe des plaques tournantes présente des dispositions bien plus variées.

Au chemin de fer de Birmingham, le cercle de roulement et la cuve d'enceinte sont coulés ensemble, d'un seul morceau pour les plaques de $3^m,66$ de diamètre, en deux pièces pour celles de $4^m,57$. Les bras et la crapaudine sont rapportés au moyen

de boulons. Le cercle de roulement est un peu plus difficile à tourner que d'ordinaire, mais il est très-rigide.

Aux deux chemins de Versailles, le cercle de roulement est d'une seule pièce (diamètre de la plaque 4 mètres); il est isolé et boulonné sur des dés en pierre de taille; le pivot est fixé et logé dans un support en fonte scellé dans une forte pierre de taille; la crapaudine fait partie du plateau supérieur. La fondation est en moellons et les parois verticales de la fosse en pierre de taille. Un cube de maçonnerie aussi considérable rend la plaque fort coûteuse. Le cercle de roulement n'ayant que $2^m,80$ de diamètre, il en résulte un porte-à-faux considérable; la plaque est à une seule voie.

L'ancienne plaque du chemin de fer de Saint-Germain (fig. 157) est à galets fixes dont les axes tournent dans des supports venus de fonte avec la partie fixe. Celle-ci est coulée d'un seul morceau; elle se compose d'une cuve d'enceinte et de six bras qui rayonnent autour de la crapaudine. Le diamètre de cette plaque n'est que de $2^m,30$; le plateau mobile est venu de fonte avec ses plaques de recouvrement et ses rails. Ceux-ci s'égrènent sous la pression des roues et mettent la plaque promptement hors d'usage.

Au chemin de Bristol, le pourtour de la plaque est en pierre de taille ainsi que la fondation du cercle de roulement et du pivot qui sont isolés l'un de l'autre.

Les plaques de 6 mètres de diamètre du chemin de fer de Paris à Strasbourg, dont nous avons déjà décrit le plateau mobile, ont un cercle de roulement composé de six segments munis de pattes sur lesquelles viennent se boulonner les huit segments de la cuve d'enceinte. Le cercle de roulement est posé sur des traverses placées sur la fondation en sable; la crapaudine est fixée dans un support en fonte à large base, qui repose lui-même sur un châssis en charpente.

Les plaques de $4^m,20$ du chemin de fer du Nord et celles de 5 mètres de Lyon sont à peu près construites comme les petites plaques du chemin de Strasbourg (fig. 152); seulement le pla-

teau mobile et la partie fixe sont formés chacun de deux pièces assemblées suivant un diamètre.

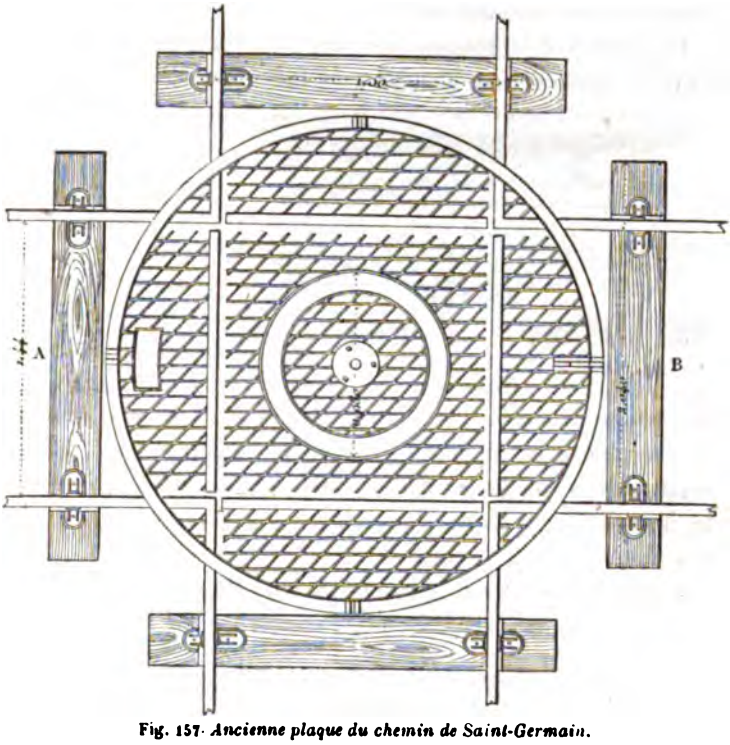
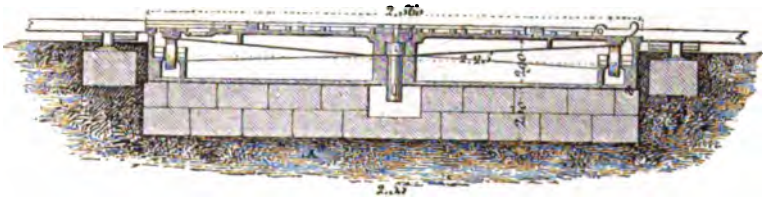


Fig. 157. *Ancienne plaque du chemin de Saint-Germain.*



Au chemin de Strasbourg à Bâle, le cercle de roulement fixe est une simple barre de fer plate courbée en cercle, qui repose sur une fondation en bois et y est attachée au moyen de vis. La crapaudine est boulonnée au centre de cette même charpente ; enfin l'enceinte de la fosse est en bois.

On se propose de fonder également les nouvelles plaques du chemin de l'Est sur des planchers en bois et de renfermer la fosse dans une enceinte en bois.

La figure 158 représente une plaque tournante du chemin de fer de Versailles, rive gauche, construite entièrement en bois.

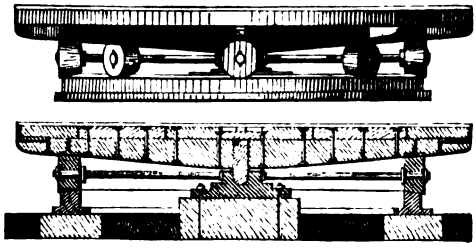


Fig. 158. *Plaque tournante en bois du chemin de Versailles* (rive gauche).

Il en existe d'analogues au chemin de fer de Newcastle et en Autriche. Les plaques en bois sont fort économiques ; mais elles ne doivent être employées que sur des voies couvertes. Les assemblages doivent être étudiés et exécutés avec le plus grand soin. En Angleterre, on a établi il y a quelques années des plaques tournantes dont la disposition présente beaucoup d'analogie avec celle des grues.

La partie fixe de ces plaques (fig. 159), dites à colonnes, se compose d'un fort arbre en fonte creux, autour est un cercle

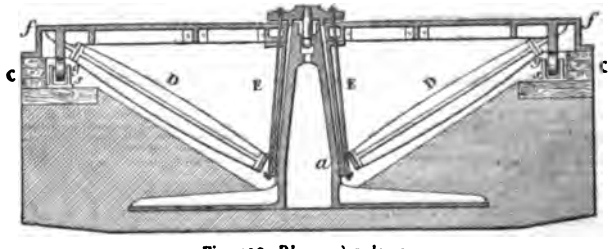


Fig. 159. *Plaque à colonnes.*

en fer tourné. A sa partie supérieure, il reçoit le grain de la crapaudine ; cet arbre est venu de fonte avec un croisillon qui est entré dans un massif de béton ou assemblé avec ce croisillon pour les plaques de grande dimension. La fosse est en forme de cône renversé ; elle reçoit à sa partie supérieure un cou-

ronnement C en charpente surmonté d'un cercle en fonte *f*. Dans certaines plaques l'enceinte en charpente reçoit en outre des supports *s* avec galets à axes fixes (*g*).

Le plateau mobile est formé de bras et d'un cercle extérieur tourné dans les plaques à galets. Ce plateau porte en son milieu sur une enveloppe en fonte E alézée, qui entoure la colonne et reçoit un pivot à boulet. Les extrémités des bras sont soutenus par des contre-fiches D qui représentent vers la base de la colonne la pression qui résulte du passage d'une machine ou d'un wagon.

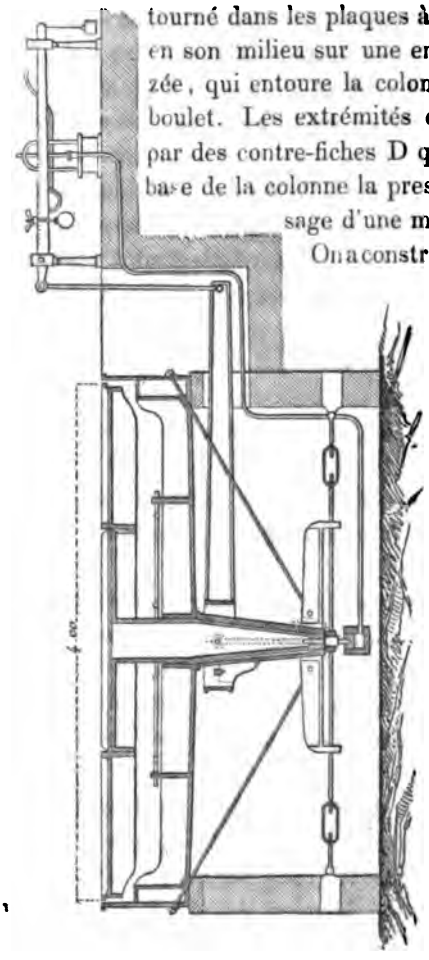


Fig. 160. *Plaque tournante à romaine.*

On a construit en Angleterre quelques plaques analogues à la précédente (fig. 160), mais qui permettent de peser les wagons en même temps qu'on les tourne. Le plateau mobile porte lui-même la colonne qui repose sur une crapaudine suspendue par l'intermédiaire de tringles pendantes à un levier de romaine.

Au repos le plateau mobile repose sur le couronnement de la fondation ; on amène le wagon sur la plaque, puis on soulève le pivot, et par conséquent toute la partie mobile, en injectant de l'eau entre la crapaudine proprement dite et son enveloppe au moyen d'une pompe de presse hydraulique. Le plateau mobile et la charge ne portent

alors plus que sur le pivot; la plaque est très-facile à manœuvrer, et l'on constate au moyen de la romaine le poids du wagon ajouté à celui de la plaque. Connaissant le poids de cette plaque, on obtient celui du wagon au moyen d'une simple soustraction.

Les plaques à colonnes sont très-coûteuses; aussi sont-elles peu employées; les dernières surtout donnent lieu à de fréquentes réparations qui en rendent l'avantage illusoire.

Dans ces derniers temps on s'est beaucoup préoccupé des ruptures fréquentes des bras des plaques et l'on a mis en étude plusieurs systèmes dans lesquels le cercle de roulement et le croisillon de la partie mobile sont en fonte tandis que les bras sont en fer ou en bois et fer. On construit également des plaques de grandes dimensions entièrement en fer, mais dans lesquelles les supports des galets sont fixés sous le plateau mobile.

Avec les plaques dont nous venons de parler, on est obligé pour tourner une locomotive de la *découpler* de son tender et de manœuvrer séparément l'un et l'autre. Ce mode d'opérer est long, aussi établit-on généralement dans les gares où l'on doit tourner fréquemment des machines, une plaque de dimension suffisante pour recevoir simultanément la machine et son tender.

Le diamètre de ces sortes de plaques varie entre $8^m,50$ et $11^m,60$. Avec de pareilles dimensions un plateau mobile construit dans le système des plaques de moindre diamètre serait une pièce de fonte excessivement difficile à couler; aussi a-t-on eu recours à des dispositions particulières dont nous allons dire quelques mots.

Au chemin de Londres, à Derby (fig. 161), il existe une plaque de $10^m,70$ de diamètre[1] dans laquelle les rails reposent sur deux fortes pièces de bois reliées entre elles par cinq entretoises en fonte. Celle du milieu reçoit le pivot qui est disposé comme celui des plaques de $3^m,40$ du chemin de fer de Paris à Strasbourg. La crapaudine est fixée dans un support en fonte isolé,

1. Voir le *Portefeuille de l'Ingénieur*.

boulonné sur la fondation. Les rails sont soutenus à $2^m,50$ de l'axe par huit galets mobiles entre deux cercles de roulement, dont l'un repose sur le sol et l'autre est boulonné sous les lon-

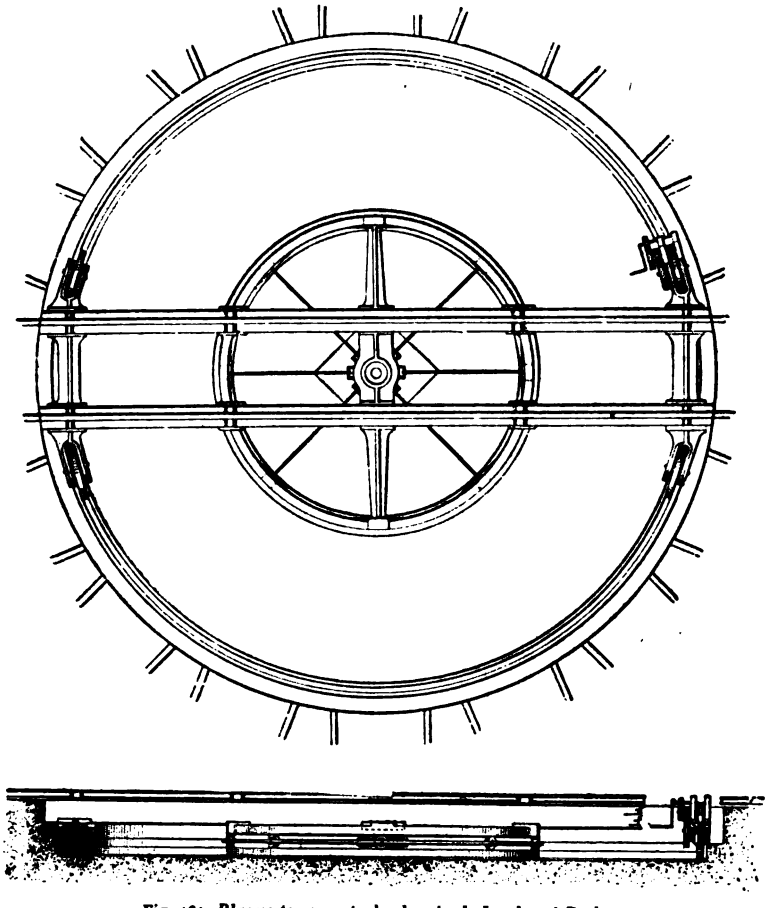


Fig. 161. *Plaque tournante du chemin de Londres à Derby.*

guerines. Un troisième cercle de roulement de $9^m,80$ de diamètre supporte les abouts de ces longuerines par l'intermédiaire de quatre galets montés dans des supports en fonte en forme de corbeaux.

L'un de ces galets peut être mis en mouvement au moyen d'une manivelle et d'un système d'engrenages ; en tournant il entraîne la plaque et la charge qu'elle supporte.

Cette plaque est économique ; mais les fragments de coke enflammé et l'eau qui tombent continuellement des locomotives doivent détériorer rapidement les longuerines. De plus, la fosse n'est pas couverte, ce qui peut occasionner des accidents. On pourrait construire sur la partie mobile un plancher général boulonné sur un cercle en tôle ou en fonte soutenu par des galets qui porteraient sur le cercle de roulement extérieur.

Il conviendrait en outre de recouvrir d'un tablier en tôle ou en fonte les longuerines et l'espace qui les sépare; ce tablier donnerait de la rigidité à la plaque et préserverait les bois.

En France, on a fait usage pendant longtemps de plaques

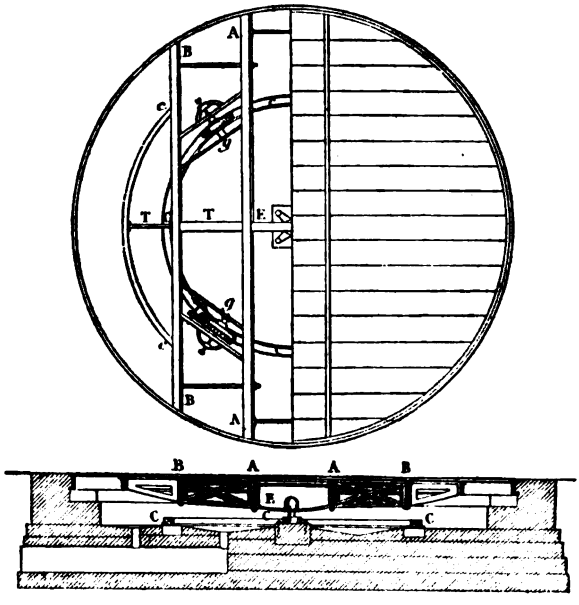


Fig. 162. *Plaque tournante belge.*

entièrement en fonte, construites d'après un modèle belge (fig. 162).

Cette plaque a 8 mètres de diamètre ; son plateau mobile se compose de quatre grands longerons en fonte A A B B, reliés entre eux par un certain nombre d'entretoises en fonte et en fer, et de deux arcs de cercle *c c* en fonte, soutenus en leur milieu par deux traverses T T et boulonnés à leurs extrémités sur les longerons B. Le tout est recouvert d'un plancher en forts madriers de chêne sur lequel les rails sont fixés au droit des longerons A au moyen de vis. L'entretoise E reçoit le pivot en fer trempé qui porte sur une crapaudine scellée dans la fondation. Quatre galets *g g*, dont les axes supportent les abouts des longerons, roulent sur le cercle en fonte tourné *c c* de 5 mètres de diamètre, qui fait partie de la fondation.

Le mouvement est donné à la plaque comme à celle de la remise de Derby.

Les plaques de ce système, qui ont été construites depuis quelques années, ont reçu quelques modifications. Les rails reposent directement sur les longerons A. Le plancher est en tôle entre ces rails.

On a augmenté le diamètre du cercle de roulement afin de réduire le porte-à-faux des longerons. Malgré cela ces longerons se brisent fréquemment, surtout quand, par suite de tassements survenus dans les fondations, les galets cessent de porter parfaitement sur le cercle de roulement.

On a été ainsi conduit à remplacer dans ces plaques presque toutes les pièces en fonte, par d'autres en tôle armée de cornières. La figure 163 représente les grandes plaques en tôle et bois fabriquées par M. Buddicom pour le chemin de Strasbourg. On a proposé, il y a peu de temps, des plaques du système de Derby dans lesquelles les longerons en bois seraient remplacés par une pièce de fonte. Le longeron entier serait composé de deux pièces assemblées à boulons suivant un plan perpendiculaire aux rails et passant par le pivot. La rigidité transversale de ces plaques serait parfaite, ce qui diminuerait de beaucoup les chances de rupture, et l'on pourrait recouvrir

la fosse au moyen d'un plancher disposé comme celui que nous avons indiqué pour la plaque de Derby.

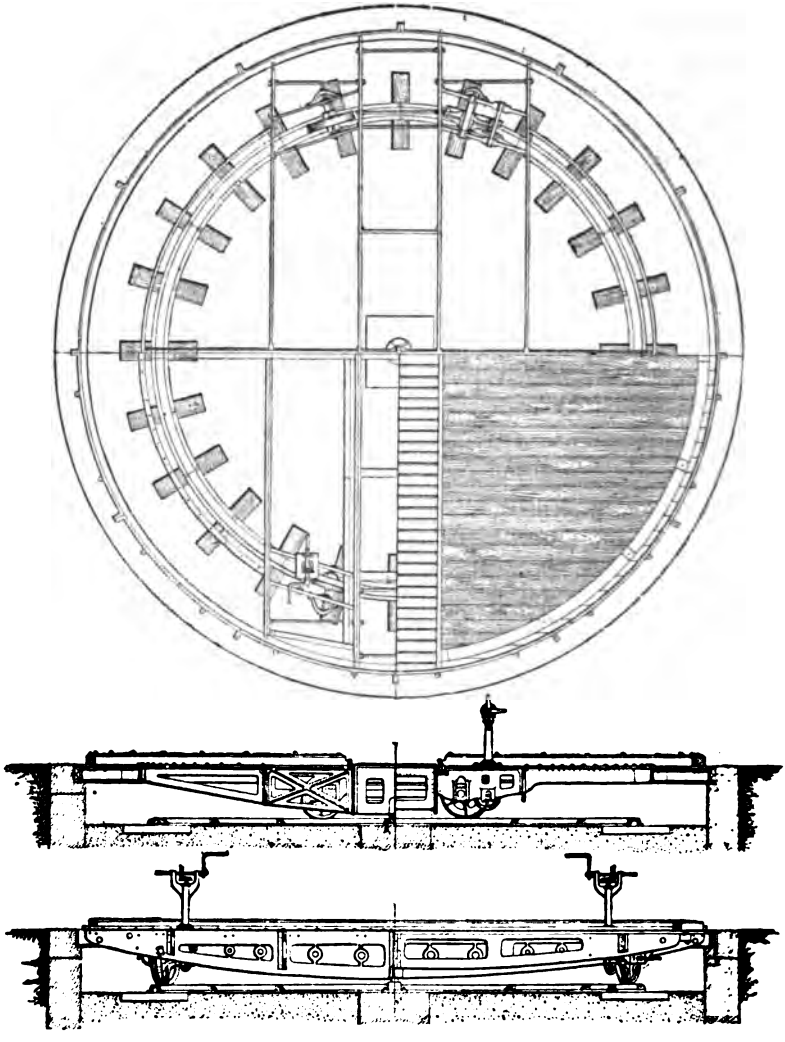


Fig 163. *Plaque Buddicom, pour machine avec tender.*

Jusqu'ici nous n'avons décrit, pour la manœuvre des loco-

motives et tenders réunis, que des plaques à une voie. Celles-ci peuvent être employées sans inconvénient, parce qu'elles ne sont jamais placées sur les voies principales ; cependant on a construit en Allemagne des plaques de grande dimension à deux voies (fig. 164).

Le plateau mobile de ces appareils se compose d'un croisillon en fonte sur lequel sont boulonnés les quatre bras qui supportent directement les rails, ainsi que quatre autres bras inter-

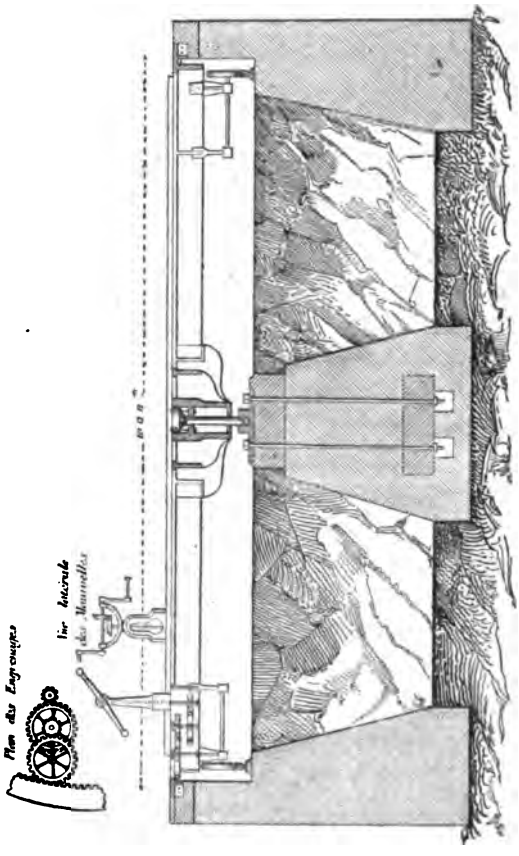


Fig. 164. *Plaques tournantes à deux voies, employées en Allemagne.*

médiaires qui partagent en deux les secteurs du plateau qui ne sont pas occupés par les voies. Toute la surface qui est com-

prise entre les voies est recouverte de plaques de fonte, afin de ne pas être altérée par les parcelles de coke enflammé qui tombent du foyer de la machine ; le reste du tablier est ordinairement en bois.

Les extrémités des bras sont reliées par une couronne en fonte.

Les galets, au nombre de douze, sont à jante arrondie et fixés sur leurs axes au moyen de clavettes; ils soutiennent la plate-forme par l'intermédiaire de supports à coussinets boulonnés sur la couronne et sur les bras.

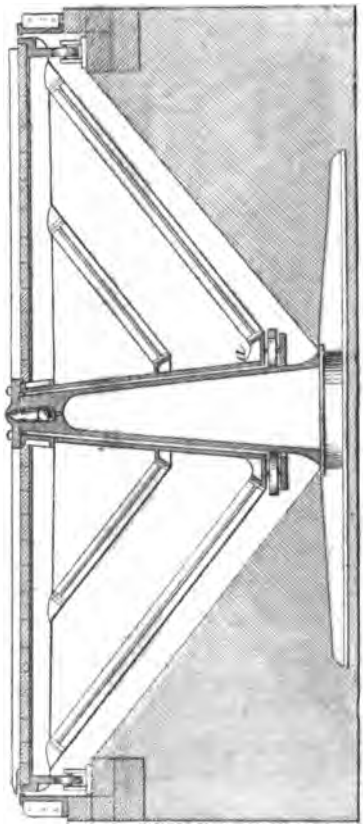


Fig. 165. *Plaque à colonne pour locomotives et tenders.*

Le cercle de roulement en fer ou en fonte est fixé sur la maçonnerie des fondations qui se composent d'un massif central portant la crapaudine et d'un mur annulaire présentant une surépaisseur jusqu'au sol de cette fosse.

Un cercle en fonte denté à l'intérieur sur tout son pourtour forme l'arête intérieure du couronnement de ce mur. Un système composé de manivelles et d'engrenages, dont le dernier engrène avec cette couronne dentée, est fixé sur le plateau mobile ; il suffit dès lors d'agir sur les manivelles pour faire tourner la plaque.

On a enfin construit des plaques pour locomotives et tenders réunis dans le système

des plaques à colonne fixe (fig. 165). Les bras étant fort longs, on les a soutenus en leur milieu par une seconde rangée de contre-fiches. De plus, on a ajouté en *a* un collier de galets qui transforment le frottement de glissement de l'enveloppe sur la colonne en frottement de roulement. Sur le chemin de Londres à Birmingham, une plaque de ce genre, presque entièrement en bois, occupe le centre de la magnifique remise polygonale de Cambden.

En résumé, sur les nouvelles lignes :

On abandonne les plaques en fonte pour les voies principales, et on les remplace par des plaques en tôle.

On se sert de plaques en fonte sur des voies latérales, surtout pour le service des wagons. On emploie les plaques en bois dans les halles ou les remises couvertes, et on construit les plaques de grand diamètre en tôle et en bois.

Aux chemins de l'Est, on remplace les fondations en fonte par des fondations en bois, et on étudie de nouvelles plaques en fonte avec des cercles coulés indépendamment des croisillons et avec des bras qui auront en coupe la forme d'un T renversé au lieu d'un T droit. Il résulte du calcul que la première présente plus de résistance que la seconde.

Nous avons indiqué aux documents les prix des différentes espèces de plaques.

Chariots de service. — Pour faire passer les voitures ou les machines d'une voie sur des voies parallèles, on peut remplacer les plaques par un chariot qui, portant une portion de voie, roule sur un chemin de fer perpendiculaire aux voies parallèles que l'on veut desservir. Les rails fixés sur le chariot se trouvent dans le même plan que les voies. La voiture ou la machine à transporter d'une voie sur une autre est placée sur ce chariot.

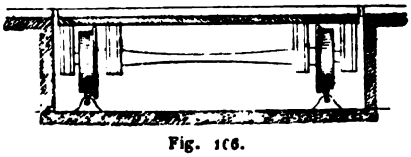


Fig. 166.

La figure 166 représente un chariot destiné à manœuvrer des wagons. Les rails sont fixés sur une plate-

forme en bois qui repose, par l'intermédiaire de coussinets et de boîtes à graisse, sur deux essieux portant chacun trois roues; la voie de service sur laquelle marche ce chariot est établie au fond d'une fosse creusée au travers des voies à desservir et dont la largeur est égale à celle du chariot.

Avec un chariot de ce genre, la profondeur de la fosse est égale au rayon des roues augmenté de la distance de l'axe des essieux à la face supérieure des rails.

On peut réduire aisément cette profondeur à 20 centimètres

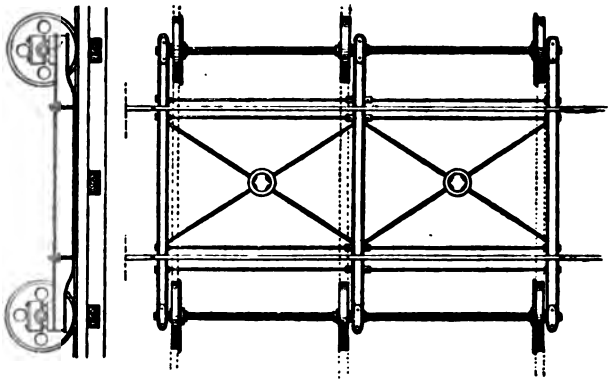


Fig. 167.

en suspendant les longerons aux essieux comme cela est indiqué dans la figure 167.

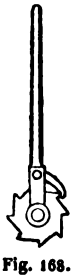


Fig. 168.

Pour transporter les locomotives, on emploie des chariots disposés comme les précédents; seulement, pour rendre la manœuvre plus facile, on ajoute à l'un des essieux au moins un levier à déclic (fig. 168) au moyen duquel on fait tourner cet essieu. Toutefois, dans les remises, où on déplace souvent les machines, on préfère les plaques tournantes, quoique plus coûteuses, parce qu'elles sont plus faciles à manœuvrer. On fait usage plus volontiers de chariots dans les ateliers de montage.

On peut, sans inconvénient, interrompre ainsi les voies et

creuser des fosses dans les remises ou les ateliers; mais il n'est pas possible de couper les voies principales. On se sert, pour ces voies, de chariots d'une autre espèce qui permettent de les conserver intactes. Parmi ces chariots, nous citerons d'abord le chariot dit *hydraulique*, employé d'abord sur le chemin de Bristol et imité sur le chemin de Saint-Germain (gare de Saint-Germain).

Ce chariot roule sur une voie transversale V (fig. 169) dont le niveau est de quelques millimètres plus élevé que celui des voies de départ, d'arrivée et de remisage. Cette voie transversale est interrompue à l'intersection des rails des voies longitudinales pour donner passage aux bourrelets des roues. Le chariot passe sur ces lacunes en roulant sur le rebord de ses roues, qui reposent alors sur les rails des voies longitudinales. A cet effet, ce rebord est plat (fig. 170), au lieu d'être circulaire comme dans les véhicules ordinaires des chemins de fer.

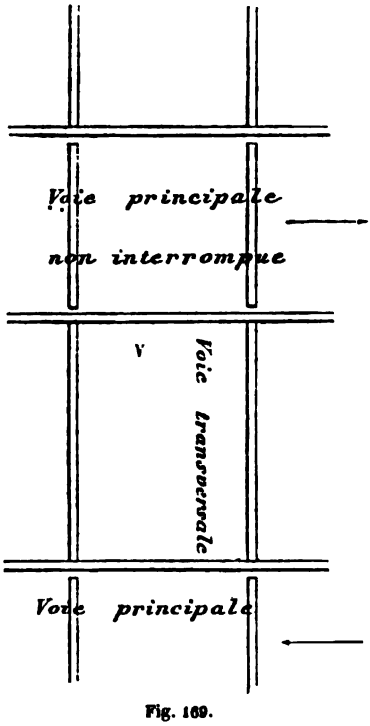


Fig. 169.

Le chariot porte une bâche remplie d'eau et des pompes, au moyen desquelles on peut refouler cette eau dans des cylindres verticaux *cc*. Ces cylindres sont munis de pistons dont la tige verticale se termine par une espèce de crosse. La voiture, roulant sur l'une des voies longitudinales, est amenée au-dessus du chariot hydraulique, de manière que ses essieux se trouvent exactement au-dessus des crosses.

Les ouvriers, faisant agir les pompes, soulèvent les pistons, et, par l'intermédiaire des crosses et des essieux, la voiture

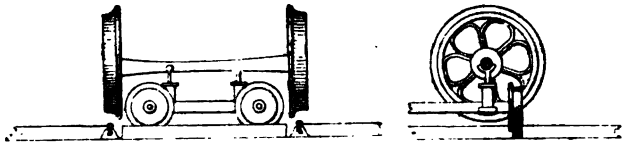


Fig. 170.

tout entière se trouve élevée jusqu'à ce que les boudins de ses roues puissent passer au-dessus des rails; ils roulent alors le chariot et l'amènent vis-à-vis de la voie sur laquelle la voiture doit être transportée, laissent écouler l'eau des cylindres dans la bâche, et déposent ainsi la voiture sur les rails de cette voie.

Avec le chariot hydraulique les voies principales ne sont pas interrompues : il peut donc remplacer sans inconvénient les plaques tournantes établies sur ces voies dans les gares à voyageurs, mais seulement pour la manœuvre des wagons.

Il existe au chemin de fer de Lyon, dans la remise de voitures de la gare de Paris, un chariot de service qui jouit du même avantage que le chariot hydraulique.

La figure 171 représente la coupe, en travers, de cet appa-

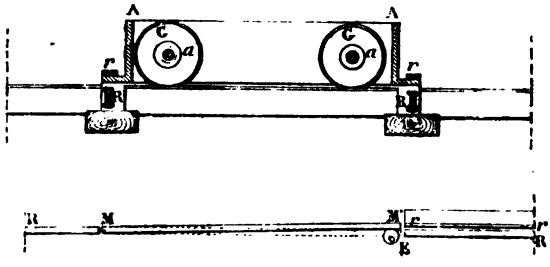


Fig. 171.

reil. A A est un grand cadre rectangulaire en fonte, supporté par 6 galets G G montés trois par trois sur deux arbres *a a*.

Ces galets roulent sur une voie transversale semblable à celle du chariot hydraulique, mais composée de trois files de rails; *r r* sont deux rails en fer plat boulonnés sur une nervure

venue de fonte à la partie inférieure des deux longs côtés du cadre; ces rails correspondent à ceux R R des voies principales, et ne sont élevés que de 4 à 5 centimètres au-dessus de ces derniers.

Pour faire monter une voiture sur ce chariot ou pour la faire descendre, on forme un plan incliné avec une portion des voies principales. A cet effet, les rails M M′ qui avoisinent le chariot sont mobiles autour d'axes horizontaux M placés à 6 mètres de ce chariot. L'extrémité M′ de ces rails repose sur des excentriques E et suivant que les rails mobiles occupent la position M M′ ou celle M E, la voie principale se raccorde avec celle du chariot ou avec son propre prolongement. Les deux excentriques d'une même voie sont calés sur un arbre unique que l'on manœuvre au moyen d'un levier.

Quoique fort ingénieux, ce système ne se répandra pas, parce qu'il exige, pour chaque voie, deux rails mobiles et leur mécanisme, appareils coûteux qui, dans bien des circonstances, rendraient l'emploi des plaques tournantes plus économique.

Nous avons remarqué à l'Exposition universelle de Londres et sur quelques lignes anglaises, de nouveaux chariots qui ont beaucoup d'analogie avec celui que nous venons de décrire, sans être d'un prix aussi élevé.

Le chariot de Dünn, représenté dans la figure 172, se com-

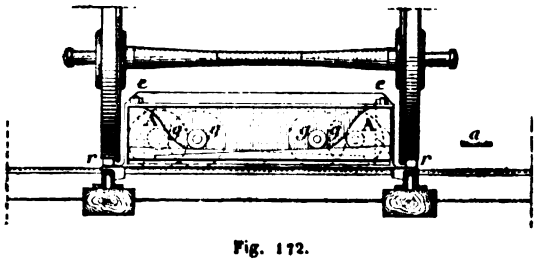


Fig. 172.

pose d'un cadre en tôle dont les rails *rr* sont disposés comme ceux du chariot du chemin de Lyon. Ce cadre repose sur 12 galets *gg* à jante cylindrique montés sur quatre arbres parallèles, et par leur intermédiaire sur six files de rails plats à deux

rebords saillants formant ainsi une gouttière dont le fond est au niveau de la voie principale.

Les plans inclinés AA qui raccordent les rails de ces deux voies font partie du chariot ; ils sont fixés en *ee* contre les petits côtés du cadre par l'intermédiaire de charnières verticales dont les joints sont héliçoïdaux. Quand les plans inclinés sont placés dans le prolongement des rails, leurs extrémités libres reposent sur ces rails ; mais si on les ramène contre les petits côtés du cadre, ils se relèvent par suite de la forme particulière de la charnière, à une hauteur telle qu'ils ne gênent plus le mouvement de translation du chariot. La longueur des plans inclinés est de $1^m,20$, la hauteur qu'ils rachètent de $0^m,04$.

Au chemin de l'Est, on a supprimé les rails mobiles, trop sujets à se déranger, et on a taillé en biseau les rails qui portent le chariot. Malgré la petite saillie de ces rails sur ceux de la voie principale, les ouvriers poussent facilement les wagons sur le chariot de service.

Grues hydrauliques. — Les grues hydrauliques sont des appareils destinés à conduire l'eau d'alimentation des machines dans les tenders. Anciennement elles étaient entièrement métalliques ; elles se composaient de deux tuyaux concentriques verticaux dont l'un, celui placé à l'intérieur, était mobile autour de son axe et portait à sa partie supérieure

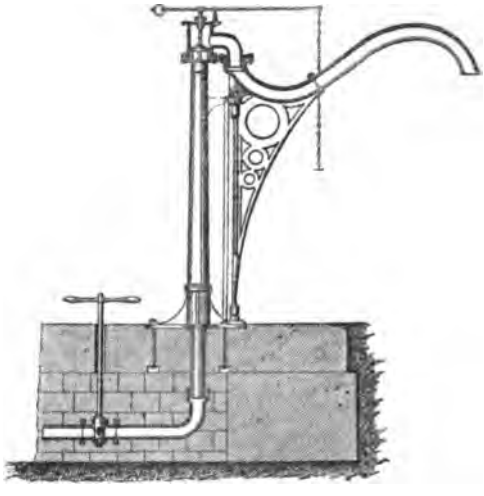


Fig. 173.

un prolongement horizontal en forme de bras de grue, qui d'ordinaire était dirigé dans le sens de la voie à desservir, mais qui, pour alimenter, devrait être tourné d'équerre sur cette voie (fig. 173).

Aujourd'hui un simple boyau en toile ou en cuir s'adaptant sur une tubulure venue de fonte au sommet d'une colonne fixe, remplace cet appareil compliqué et dispendieux (fig. 174).

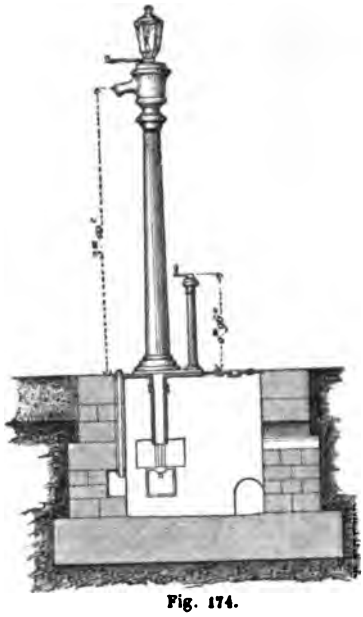


Fig. 174.

Une conduite d'eau souterraine fait communiquer d'habitude le pied de la grue avec le réservoir d'eau d'alimentation. L'écoulement de l'eau est interrompu à volonté par une soupape ou un tiroir manœuvré au moyen d'une vis. Anciennement une manivelle ou un simple levier servait à manœuvrer l'obturateur; mais comme par ces moyens le mouvement des eaux était arrêté brusquement dans la conduite, il en résultait des chocs (*coups de béliers*) qui provoquaient des ruptures fréquentes dans cette conduite.

Avec ces appareils, dès que la longueur de la conduite atteint une centaine de mètres, il faut un temps assez long, cinq minutes environ, pour remplir un tender. Sur les lignes qui sont parcourues par des trains à très-grande vitesse, un arrêt de cette durée serait trop considérable. On a été conduit ainsi à remplacer des grues simples par des colonnes cylindriques très-élevées contenant une quantité d'eau suffisante pour remplir un tender (cinq mètres cubes environ). Ces réservoirs se remplissent facilement entre le passage des trains; mis en communica-

tion avec le tender, ils le remplissent presque instantanément. En général ces appareils sont munis d'un calorifère qui permet de chauffer l'eau d'alimentation avec des combustibles de rebut (fig. 175 et 176).

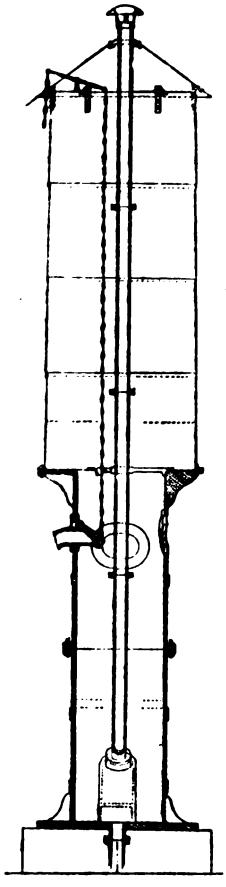


Fig. 175.

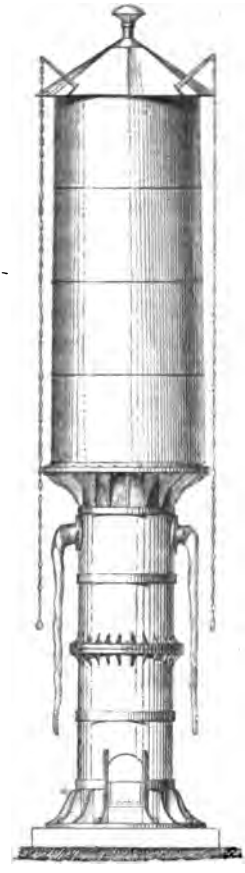


Fig. 176.

Signaux fixes.— Afin que l'exploitation d'une ligne de chemin de fer présente quelque sécurité, il faut que sur tous les points où il peut exister quelque obstacle qui rende la circulation de la ligne momentanément impossible ou même dangereuse, un signal qui puisse se voir de loin indique au mécanicien s'il peut continuer sa route sans danger, ou s'il doit ralentir la marche, ou même s'arrêter. Ces points sont les stations, les bifurcations, les souterrains et les parties de la ligne dont le parcours est peu sûr, par suite de terrassements ou de travaux d'art en mauvais état.

Les signaux fixes se composent généralement de mâts ou de colonnes surmontées d'un disque peint en rouge. Ce disque peut tourner autour d'un axe vertical, de manière à présenter

aux trains sa face rouge, ce qui signifie *arrêt*, ou son champ, ce qui indique que la voie est libre. Outre le disque, les signaux portent un système d'ailettes qui, placées en croix,

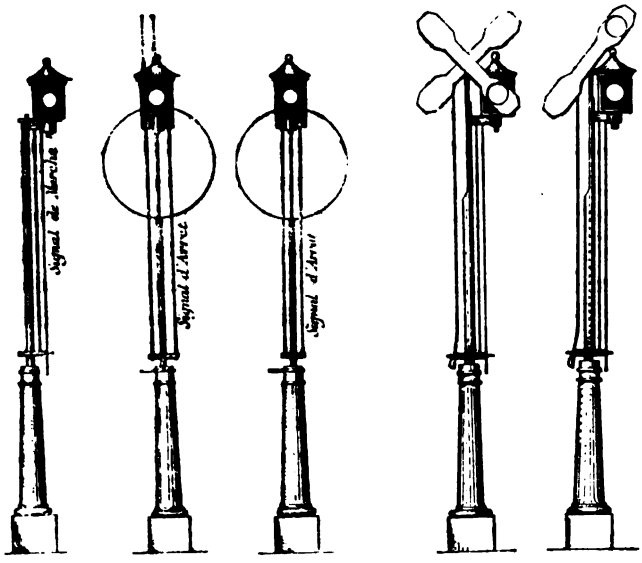


Fig. 177.

commandent le ralentissement, et superposées, permettent le parcours à toute vitesse (fig. 177).

De nuit, le disque rouge est remplacé par une lanterne à feu rouge, les ailettes en croix par un feu vert; un feu blanc indique que le train peut passer en toute sécurité.

On place toujours un disque signal près de la voie montante et un autre près de la voie descendante. Les distances de ces disques à la station doivent être d'autant plus grandes qu'il est plus difficile d'arrêter le train. Lorsqu'on marchait à des vitesses qui ne dépassaient pas 50 ou 60 kilomètres à l'heure, les disques étaient à une distance de 500 à 600 mètres. Depuis qu'on atteint avec les Crampton des vitesses de marche de 75 à 80 kilomètres, on place les disques à 800 mètres de la station.

Anciennement la lanterne était fixée au disque, qui, placé

parallèlement à la voie, présentait à la station et au mécanicien deux feux blancs par les verres de côté de la lanterne. Tourné perpendiculairement à la voie, le disque présentait son verre rouge à la machine; ce feu annonçait au mécanicien une cause d'arrêt; mais le mouvement de rotation imprimé au disque faisait presque toujours monter l'huile de la lampe avec trop de violence, et la lanterne s'éteignait.

Pour obvier à cet inconvénient grave, la lanterne est aujourd'hui, au chemin de l'Est, placée sur un appareil indépendant du disque, et reste immobile quand le disque tourne. Tous les verres de la lanterne sont blancs, le disque est garni d'un verre rouge, et son appendice perpendiculaire d'un verre bleu. Parallèle à la voie, ce disque laisse voir au mécanicien si la voie est libre

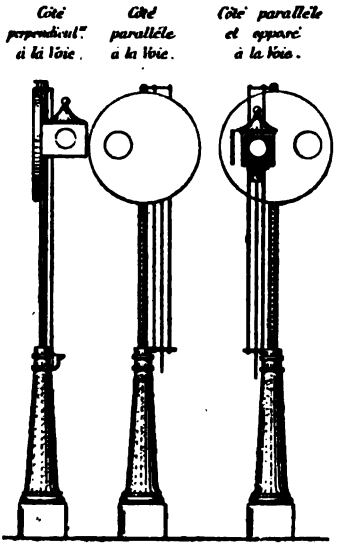


Fig. 178.

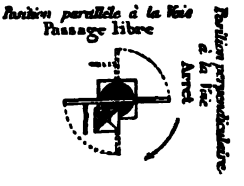


Fig. 179.

(fig. 178 et 179); perpendiculaire, il a dans son mouvement de rotation placé le verre rouge dont il est garni devant la lanterne (signal d'arrêt pour la machine) et entraîné le verre bleu. La lanterne, dans ce cas, ne présente plus du côté de la station qu'un verre blanc qui indique au chef de gare que la voie est occupée.

On voit qu'avec ce nouveau signal la lanterne n'est pas exposée à se déranger, qu'elle fait le signal d'arrêt au mécanicien lorsque le disque est perpendiculaire aux voies et que la

couleur bleue ou blanche du feu qu'elle envoie à la station indique bien la position du disque.

L'idée ingénieuse de cette modification dans la disposition des disques et des lanternes est due à M. Montégut, chef du bureau du mouvement, aux chemins de fer de l'Est.

Généralement la manœuvre des signaux se fait à distance au moyen de leviers et de fils de fer ; la disposition de ces appareils serait fort simple si les variations de température ne provoquaient pas des allongements et des raccourcissements considérables des fils de manœuvre. On obvie à cet inconvénient au moyen de tendeurs à vis qui permettent de régler les fils ou au moyen de contre-poids qui les maintiennent toujours tendus au même degré.

Sur les chemins à simple voie les signaux doivent être assez rapprochés pour que chacun d'eux puisse être aperçu de ses deux voisins entre deux gares d'évitement ; ils indiquent d'une manière permanente la direction dans laquelle circulent les trains engagés sur cette portion de voie, de sorte que, à son arrivée en gare d'évitement, le mécanicien voit s'il peut continuer sa route ou s'il doit attendre le passage d'un train marchant en sens inverse.

Quand les voies aux abords des stations sont rectilignes, le chef de station peut toujours s'assurer que le disque a bien fonctionné, mais dans les stations en courbe souvent il ne peut le voir.

On a établi dans ce cas des disques répétiteurs en vue du chef de station, mais jusqu'à présent on n'a trouvé aucune disposition entièrement satisfaisante pour lui signaler l'état des lampes qu'il ne peut apercevoir ; et souvent ces lampes s'éteignent, surtout dans les temps de gelée.

DOCUMENTS

NOTE SUR LES FRAIS DE TRANSPORT DE TERRASSEMENT ET DE BALLAST,

PAR M. BRABANT, INGÉNIEUR, CHEF D'ARRONDISSEMENT AUX CHEMINS DE FER DE L'EST.

Les transports par les moyens ordinaires, la brouette et le tombereau et même ceux au camion et à dos de mules, ne comportent qu'un petit nombre d'éléments. Les moyens à employer sont simples et d'un usage général; aussi les prix de transport sont-ils jusqu'à un certain point indépendants des volumes à transporter et du temps accordé pour l'exécution. Il suit de là qu'on peut établir aisément des formules qui donnent avec assez d'exactitude les prix de transport avec les seuls éléments suivants :

1° Prix de main-d'œuvre;

2° Poids des terres;

3° Nature du sol sur lequel on roule.

Il n'en est pas de même pour les transports en wagons, parce que les moyens sont d'un établissement très-coûteux et très-compliqué et qu'indépendamment des trois éléments qui précèdent il y a les quatre suivants qui ont une grande influence sur les prix de transport :

1° L'importance des volumes à transporter;

2° Les distances de transport;

3° Le temps accordé pour l'exécution;

4° Le matériel des voies en fer et des wagons et les conditions dans lesquelles on se trouve pour se le procurer et pour s'en défaire avec plus ou moins de perte après les travaux achevés.

Limite de volumes. — Les transports par les moyens ordinaires, la brouette, le tombereau, etc., n'exigeant que des frais d'établissement peu élevés et qu'un matériel susceptible d'être employé sur tous les chantiers et même pour les usages les plus divers, il en résulte que les prix à appliquer sont toujours sensiblement les mêmes, quelles que soient les quantités à transporter.

Il n'en est pas de même pour les transports en wagon sur voies provisoires, parce qu'ils exigent des frais considérables d'établissement qui sont loin de croître dans le même rapport que les volumes transportés, et dans lesquels on ne peut rentrer qu'avec des cubes d'une certaine importance Il suit de là que plus les volumes à transporter sont faibles, plus les prix de transport sont élevés, et que par suite, à moins d'avoir un matériel sur place, les transports sur voies provisoires cessent d'être praticables pour des cubes qui n'atteignent pas au moins 25 000 mètres.

Limite de distance. — D'un autre côté, il y a avec les transports

au wagon, à la charge et à la décharge, des frais de remaniement et diverses mains-d'œuvre qui n'existent pas pour les autres modes de transport et qui s'élèvent de $0^f,20$ à $0^f,25$ par mètre cube. A cette dépense, il faut ajouter celle des wagons, des changements de voie et quelquefois d'autres appareils dont on a besoin sur les points de chargement et de déchargement. Tous ces frais étant indépendants des distances parcourues, il s'ensuit que pour de faibles distances les transports en wagons coûtent plus que ceux au tombereau. Les distances minimum variables suivant les volumes à transporter peuvent descendre :

Pour des cubes de 100 000 mètres à 300 mètres,

Et pour des cubes de 25 000 mètres à 500 mètres.

CAS EXCEPTIONNELS OU L'ON DESCEND POUR LES VOLUMES A TRANSPORTER ET POUR LES DISTANCES DE TRANSPORTS AU-DESSOUS DES LIMITES INDIQUÉES.

Quoi qu'il en soit, il arrive quelquefois que les transports au tombereau étant impraticables, soit à cause de la nature ou de la position du sol, soit à cause de la saison, on est conduit à avoir recours aux transports en wagon pour des volumes et pour des distances fort au-dessous de celles qui sont indiquées ci-dessus comme des minimum.

Formules. — Il suit de la multiplicité des éléments qui doivent entrer dans les formules pour transports en wagon et de la complexité de quelques-uns, qu'elles ne peuvent rigoureusement être établies que pour des cas spéciaux et qu'après une estimation préalable des frais de toute espèce, et notamment de ceux de matériel, pose de voies, dépose, repose, etc.

Cependant, comme ces sortes d'estimation exigent du temps et des recherches et qu'il est souvent utile de pouvoir apprécier à peu près les prix de transports en wagon dans différents cas, on a donné ci-après trois formules dans lesquelles il est tenu compte des principaux éléments qui forment la base des prix dans les cas les plus ordinaires. Ces formules sont applicables pour des transports avec wagons ordinaires de terrassements, traînés sur voies provisoires par des chevaux marchant au pas.

La formule n° 1 est de M. Duvignaud, ingénieur en chef des ponts et chaussées; elle a été faite pour des travaux de la 2e section du chemin de fer d'Orléans à Bordeaux, exécutés entre Poitiers et Libourne.

On faisait varier, suivant les circonstances, les constantes en chiffres. Celles qui sont ici se rapportent à la tranchée des Bachées, contenant un volume de déblais de 60 000 mètres transportés à une distance moyenne de 1700 mètres, avec wagons neufs et voies provisoires formées de bandes de fer de $0^m,075$ sur $0^m,02$ posées de champ sur de petites traverses en bois blanc.

Les prix résultant de cette formule ont été sensiblement ceux de revient payés par l'entrepreneur qui a exécuté les terrassements de cette tranchée.

La seconde formule a été appliquée au chemin du Nord pour le cas où la plus grande partie des voies provisoires serait formée avec des rails définitifs et l'autre partie avec des rails provisoires.

La troisième formule a été faite par moi en 1847 dans le but de calculer approximativement les frais de transport en wagon pour les tranchées qui étaient à ouvrir sur la ligne de Lille à Dunkerque. Cette formule suppose qu'on aura un matériel de wagons neufs circulant sur des voies provisoires formées avec un matériel provisoire, mais elle peut être appliquée sans erreur bien sensible au cas où l'on ferait usage de matériel définitif, parce que les dépenses ne diffèrent pas beaucoup et qu'elles sont même à peu près égales quand les volumes à transporter ont une certaine importance.

Ce qui fait croire à beaucoup de personnes à une grande différence dans la dépense, suivant qu'on fait usage d'un matériel provisoire ou d'un matériel définitif, c'est que, dans ce dernier cas, on porte souvent beaucoup trop bas la moins-value des rails définitifs employés dans les voies provisoires, parce qu'au lieu de compter la moins-value tout entière, on n'en compte souvent que la plus faible part.

En faisant usage pour l'exécution d'un matériel provisoire, on a l'avantage de pouvoir livrer à l'exploitation un matériel neuf, mais les transports se font moins vite et moins aisément, et l'on est obligé de payer tout de suite la moins-value du matériel de voies provisoires. D'une part, les frais de pose et d'entretien sont moins élevés, mais, d'autre part, les frais de traction et l'entretien des wagons coûtent davantage. En faisant usage du matériel définitif pour les voies provisoires, on se donne des facilités de transport et par suite les moyens d'activer les travaux. Les dépenses les plus fortes de moins-value du matériel des voies se trouvent tout naturellement reportées sur un avenir éloigné, mais on est presque toujours obligé de livrer à l'exploitation un matériel plus ou moins défectueux. Cet inconvénient n'est pas, du reste, aussi grave qu'on pourrait le penser, parce qu'il est presque toujours possible d'employer le matériel défectueux soit dans les gares, soit sur des embranchements de peu d'importance.

Le choix à faire pour les voies provisoires entre les deux espèces de matériel dépend de la position dans laquelle on se trouve.

Nous n'insisterons pas ici davantage sur les différences qui peuvent exister entre les moins-values d'un matériel définitif et celles d'un matériel provisoire, parce que les grandes différences que l'on fait trop ordinairement ne portent guère que sur les rails, et que nous donnerons sur cet objet des détails assez étendus à la fin de cette note.

Nous passerons donc tout de suite aux trois formules annoncées d'autre part, concernant les transports avec wagons de terrassements ordinaires, remorqués par des chevaux.

(1) *Première formule* pour le transport de terrassements en wagon

appliquée par M. l'ingénieur en chef Duvignaud, sur les parties du chemin de fer d'Orléans à Bordeaux situées aux environs de Vivonne.

Elle comprend les mains-d'œuvre supplémentaires pour chargement et déchargement, les faux frais, le bénéfice de l'entrepreneur, la fourniture des wagons et des voies formées de bandes en fer de 0,075 sur 0,02 posées de champ et sans coussinets sur de petites traverses en bois blanc.

Formule pour les ateliers où les voies servent pour la première fois :

$$\left[\left(\frac{L+8}{M} \times 900^f\right) + 0^f,25 + 0^f,045\,D \pm D\,I \right]$$

Formule pour les ateliers où les voies servent pour la seconde fois :

$$\left[\left(\frac{L+8}{M} \times 250^f\right) + 0^f,25 + 0^f,045 \pm D\,I \right]$$

Dans lesquelles :

L représente la longueur cumulée des déblais et des remblais exprimés en hectomètres ;

M le volume des déblais transportés, exprimés en mètres ;

D la distance entre les centres de gravité des déblais et des remblais exprimés en kilomètres ;

I la déclivité.

(2) *Seconde formule* appliquée au chemin du Nord pour des transports en wagon, y compris la main-d'œuvre pour chargement et déchargement, les faux frais et le bénéfice de l'entrepreneur.

Le prix du transport au wagon sera déterminé par la formule

$$X = \frac{15D + 2000}{M}\ 0,00031\ D + 0,40\ (C)$$

Dans laquelle D représente la distance du transport exprimée en mètres ; M le cube total du déblai à transporter au wagon et dans laquelle on suppose :

1° Que la longueur des voies provisoires avec rails définitifs, serait 3 D ;

2° Que la longueur des voies provisoires, établies sans rails définitifs, serait 300 mètres ;

3° Que le développement total des voies posées, déplacées ou enlevées pour l'exécution des travaux, serait 6 D.

Il sera tenu sur le chantier attachement contradictoire de ces diverses longueurs, et la valeur des différences avec les quantités prévues ci-dessus sera décomptée à l'entrepreneur soit en plus, soit en moins au prorata des prix nos 7, 8 et 9.

(3) *Troisième formule* faite par moi en 1847 dans le but de calculer

approximativement les frais de transport en wagon pour la tranchée à ouvrir sur la ligne de Lille à Dunkerque.

Elle comprend la fourniture et l'entretien de matériel wagon et voies provisoires formées avec un matériel provisoire[1]. Les frais de pose, dépose, repose et entretien des voies, les mains-d'œuvre supplémentaires pour chargement et déchargement, et généralement toutes les dépenses, sauf celles de fouille et charge.

$$\left[\left(\frac{D+20}{M} \times 0^f,50\right) + 0^f,40 + 0^f,04\,D \right]$$

Dans laquelle

D représente la distance de transport en hectomètres ;

L le volume à transporter, exprimé en milliers de mètres.

On trouvera ci-après un tableau A dans lequel les frais de transpo sont calculés d'après les formules qui précèdent pour des cubes de 25 000 à 300 000 mètres, et pour des distances de 500 à 3000 mètres.

Enfin, comme il peut être utile de faire des comparaisons approximatives entre les prix des différents modes de transport, on a mis à la suite un tableau comparatif B où se trouvent en regard les prix moyens de revient pour différents modes de transport : brouette, camion, mule, tombereau, wagons de terrassements traînés sur voies provisoires par des chevaux marchant au pas ; wagon de terrassements traînés par des locomotives à 12 kilomètres à l'heure ; plates-formes remorquées par des locomotives à 25 kilomètres à l'heure, et bateaux de différentes grandeurs.

1. Pour des cubes d'une certaine importance, elle peut être appliquée au cas où les voies provisoires seront formées avec le matériel définitif.

A. Tableau des prix pour transport d'un mètre cube de déblai ou de ballast avec wagons de terrassement ordinaires traînés par des chevaux sur des voies provisoires.

Distance des transports.	Indication des volumes et du prix des transports.							Observations.
	25000	50000	75000	100000	150000	200000	300000	
1° D'après les formules de M. Duvignaud avec wagons et voies provisoires servant pour la première fois $\left[\left(\frac{L+8}{M}+900^{f}\right)+0,25\pm0,045\,D\,I.\right]$								M. Volume à transporter exprimé en mètres cubes. D. Distance des transports exprimée en hectomètres. L. Distance entre les extrémités des déblais et des remblais exprimée en hectomètres. I. Déclivité.
500	1,231	0.853	0,727	0,664	0.601	0,570	0.538	
1000	1,636	1,168	1.012	0,924	0,856	0,817	0,778	
1500	1.041	1,483	1,297	1,204	1.111	1,065	1,018	
2000	2,446	1.798	1,582	1,474	1,366	1,312	1,258	
2500	2,851	2,113	1,867	1.744	1,621	1.560	1,498	
3000	3,256	2,428	2,152	2.014	1,876	1,807	1,738	
2° D'après une formule employée au chemin du Nord avec wagons de terrassement et voies provisoires formées avec les rails définitifs sur la presque totalité de la distance à parcourir. $\left[\frac{15\,D+2000}{M}\,0^{f},00031D+0^{f},40.\right]$								M. Volume exprimé en mètres cubes. D. Distance de transport exprimée en mètres courant.
500	0.935	0.745	0,682	0.650	0,618	0,603	0,587	
1000	1,390	1.050	0,937	0,880	0.823	0,795	0,767	
1500	1,845	1,355	1,192	1.110	1,028	0.988	0,947	
2000	2,300	1,660	1,447	1,340	1.233	1,180	1.127	
2500	2.755	1,965	1.702	1,570	1,438	1,373	1,307	
3000	3,210	2,270	1,957	1,800	1,643	1,565	1,487	
3° D'après une formule de M. Brabant faite dans le but d'estimer les prix de transport des déblais au wagon à faire dans la tranchée de Lille à Dunkerque avec wagons neufs et voies provisoires, ces voies étant supposées horizontales et le poids des déblais être de 1600 kilogr. $\left(\frac{D+20}{M}\times0^{f},50\right)+0^{f},40+0^{f},04D.$								M. Volume à transporter exprimé en milliers de mètres. D. Distance des transports en hectomètres.
500	1.100	0,850	0,767	0,725	0,683	0,663	0,642	
1000	1,400	1.100	1,000	0,950	0,900	0 875	0.850	
1500	1.700	1,350	1.233	1.175	1,116	1.088	1,058	
2000	2,000	1,600	1,467	1.400	1,333	1.300	1,267	
2500	2,300	1,850	1,700	1,625	1,550	1,513	1,475	
3000	2,600	2,100	1,933	1,850	1,766	1,725	1,683	

Les différences que l'on remarque dans les prix tiennent à plusieurs causes dont les principales me paraissent être les suivantes :

1° La manière de voir les choses qui est bien rarement la même dans des appréciations de cette espèce.

2° Les circonstances différentes dans lesquelles on se trouvait sur les lignes pour lesquelles ces formules ont été dressées.

B. Tableau comparatif des prix moyens pour le transport sur voies horizontales d'un mètre cube de terre ou de ballast du poids moyen de 1600 kilogrammes.

Distance des transports.	Indication des modes de transport										
	à la brouette.	au camion traîné par des hommes.	à dos de mule.	au tombereau traîné par des chevaux.	Pour un volume de 100000 mètres transportés sur voies provisoires avec wagons ordinaires de terrassement. Traînés par des chevaux marchant au pas.	Pour un volume de 100000 mètres transportés sur voies provisoires avec wagons ordinaires de terrassement. Remorqués par des loc. à une vitesse de 12 kil. à l'heure.	Pour un volume de 20 000 mètres remorqués sur voies définitives par des locomotives à une vitesse de 25 kilom. à l'heure. En comptant tous les frais [1].	Pour un volume de 20 000 mètres remorqués sur voies définitives par des locomotives à une vitesse de 25 kilom. à l'heure. En ne comptant pas la dépense des voies.	Pour un volume de 20 000 mètres remorqués sur voies définitives par des locomotives à une vitesse de 25 kilom. à l'heure. En comptant seulement la dépense des véhicules de transport.	Sur des cours d'eau non compris les frais de chargement et de déchargement et ceux de transport du lieu d'extraction au bateau et du bateau au lieu d'emploi. En grand bateau (30 mètres cubes).	Sur des cours d'eau non compris les frais de chargement et de déchargement et ceux de transport du lieu d'extraction au bateau et du bateau au lieu d'emploi. En petit bateau (2 mètres cubes).
Formules.	0,460D	0,10 + 0,25D	0,20 + 0,25D	0,30 + 0,12D	0,50 + 0,045D	0,56 + 0,036D	0,45 + 0,01D	0,45 + 0,005D	0,20 + 0,005D	0,24 + 0,004D	0,08 + 0,008D
10	0,645	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
20	0,090	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
30	0,135	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
40	0,180	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
50	0,225	0 225	0.325	.	.	.	.	.	.	.	.
60	0.270	0,250	0,350	.	.	.	.	.	.	.	.
70	0,315	0,275	0,375	.	.	.	.	.	.	.	.
80	0,360	0,300	0.400	.	.	.	.	.	.	.	.
90	0,405	0.325	0,425	.	.	.	.	.	.	.	.
100	0,450	0.350	0,450	0,420	0.545	0,596	0,460	0,455	0,205	0,244	0,068
120	0 540	0,400	0.500	0,444	0,554	0,603	0,462	0,456	0,206	0.245	0.090
140	0.630	0,450	0.550	0,468	0.563	0.610	0,464	0,457	0.207	0 246	0.091
160	0,720	0,500	0.600	0.492	0,572	0,618	0,466	0,458	0.208	0.246	0.093
180	0.810	0,550	0,650	0.516	0.581	0,624	0,468	0,459	0,209	0,247	0,094
200	0,900	0,600	0.700	0.540	0.590	0,632	0.470	0 460	0,210	0,248	0,096
300	.	0,850	0,950	0,660	0,635	0,668	0.480	0,465	0.215	0,252	0.104
400	.	1,100	1,200	0,780	0,680	0,704	0.490	0,470	0,220	0,256	0,112
500	.	1,350	1,450	0,900	0,725	0,740	0,500	0,475	0,225	0,260	0.120
600	.	1.600	1,700	1,020	0,770	0,776	0,510	0.480	0,230	0.264	0,128
700	.	1,850	1.950	1,140	0.815	0,812	0,520	0.485	0,235	0,268	0,136
800	.	2,100	2,200	1,260	0,860	0.848	0,530	0,490	0 240	0.272	0.144
900	.	2,350	2,450	1,380	0,905	0,884	0,540	0,495	0,245	0,276	0,152
1000	.	2,600	2,700	1,500	0,950	0,920	0,550	0,500	0,250	0.280	0.160
1100	.	.	.	1,620	0,995	0,956	0,560	0,505	0.255	0,284	0,168
1200	.	.	.	1.740	1,040	0,982	0,570	0,510	0,260	0,288	0,176
1300	.	.	.	1,860	1,085	1,028	0.580	0,515	0,265	0,292	0,184
1400	.	.	.	1,980	1,130	1.064	0.590	0,520	0.270	0.296	0,192
1500	.	.	.	2,100	1.175	1,100	0,600	0,525	0.275	0.300	0.200
1600	.	.	.	2,220	1,220	1,130	0.610	0,530	0,280	0.304	0.208
1700	.	.	.	2.340	1,265	1,172	0,620	0,535	0,285	0,308	0.216
1800	.	.	.	2.460	1,310	1,208	0.630	0.540	0,290	0,312	0.224
1900	.	.	.	2.580	1,350	1,244	0,640	0.545	0,295	0.316	0,232
2000	.	.	.	2,700	1,400	1,280	0.650	0,550	0,300	0.320	0,240
2500	.	.	.	.	1,625	1,460	0,700	0.575	0.325	0,340	0,280
3000	.	.	.	.	1,850	1,640	0 750	0.600	0,350	0.360	0,320
4000	.	.	.	.	.	2,000	0,850	0.650	0.400	0.400	0,400
5000	.	.	.	.	.	2.360	0,950	0,700	0,450	0,440	0,480
10 000	.	.	.	.	.	4,160	1,450	0,950	0.700	0.640	0.880
15 000	.	.	.	.	.	5,960	1.950	1,200	0.950	0.840	1,280
20 000	.	.	.	.	.	.	2,450	1,450	1,200	1,040	1.680
25 000	.	.	.	.	.	.	2,950	1.700	1.450	1,240	2,080
50 000	.	.	.	.	.	.	5,450	2,950	2,700	2,240	4,080

1. Voies de fer, wagons, remaniement des déblais, déchargement, etc., etc.

Bases adoptées dans les calculs du tableau comparatif B. — Pour calculer les prix de transport portés au tableau comparatif B, on a supposé :

1° Que le poids des matières à transporter, déblais ou ballast, était de 1600 kil. par mètre cube;

2° Que tous les transports se feraient sur voie horizontale;

3° Que les volumes à transporter par wagons étaient par voie provisoire avec wagons de terrassement de 100 000 mètres sur voie définitive avec wagons plates-formes de 20 mètres. Il est bien entendu que si les éléments changeaient, les prix varieraient aussi.

Influence du poids des matières à transporter. — Dans le cas où les poids différeraient sensiblement de celui de 1600 kil., les prix portés aux colonnes n°s 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10, 11 subiraient des augmentations ou des diminutions proportionnelles aux poids des matériaux à transporter.

Pour les prix portés dans les colonnes n°s 5 et 6, dans lesquels il entre des éléments d'une grande importance qui ne varient pas comme les poids à transporter, on ne devra prendre qu'une partie des différences qui existent entre les poids réels et celui de 16 000 kil. On s'éloignerait peu de la vérité en adoptant la moitié.

Modifications résultant des rampes et des pentes. — On tiendra compte des rampes de la manière suivante :

Pour les transports à la brouette, au camion, à dos de mule et au tombereau, on ajoutera aux distances mesurées en plan un supplément égal à 10 fois la hauteur qui existe entre les centres de gravité de déblais et de remblais;

Pour les transports en wagon, on ajoutera 40 fois cette même hauteur; enfin, pour les transports en bateaux, 1000 fois cette même hauteur quand elle sera franchie au moyen de la déclivité du courant. Quand elle sera franchie par des écluses, on comptera pour chacune de 10 à 15 minutes de temps perdu, suivant que les chutes sont plus ou moins hautes.

On tiendra compte des pentes en retranchant des distances horizontales la moitié des quantités qu'on ajoute pour les rampes.

Les réductions à effectuer ne doivent pas se faire d'une manière indéfinie : elles devront s'arrêter à la limite où la pente sera assez forte pour que les efforts nécessaires pour remonter le matériel vide égalent ou commencent à dépasser ceux à faire pour descendre le véhicule chargé. En somme, il faut peu compter sur les réductions résultant des pentes. En pratique, elles ne reçoivent que de très-rares applications.

Influence du volume à transporter. — On peut voir par le tableau A, qui se rapporte à des transports avec wagons de terrassement sur voies provisoires, que la différence entre les volumes à transporter en apportera d'assez notables dans les prix de transport. Ces différences sont beaucoup moins fortes pour des transports effectués avec des wagons plates-formes sur les voies définitives, parce que les frais d'établis-

sement sont peu élevés et qu'il n'y a en quelque sorte à tenir compte que des dépenses proportionnelles aux volumes transportés.

Comparaison entre les prix du tableau B. — Pour que des comparaisons soient possibles entre les prix de transports effectués par les moyens ordinaires, la brouette, le tombereau et ceux effectués en wagon, il faut que l'on tienne compte pour ces derniers de tous les frais de matériel et de supplément de main-d'œuvre à la charge et à la décharge; c'est ce qu'on a fait ici pour les prix des colonnes nos 5, 6 et 7. Dans les prix des colonnes nos 8, 9, 10 et 11, on n'a porté qu'une partie des éléments nécessaires pour compter les transports. Aussi n'y a-t-il de comparaison à faire qu'entre les colonnes nos 1, 2, 3, 4, 5, 6 et 7.

Il serait superflu de donner des détails sur les éléments qui ont servi à établir les prix des quatre premières colonnes, mais on croit utile d'indiquer ici ceux qui sont entrés dans la comparaison des prix pour les transports en wagon. Les éléments concernant ces derniers sont, pour les colonnes nos 5, 6, 7 :

Matériel des ateliers des voies en fer et des wagons moins-value, entretien, pose, dépose, repose, etc.;

Transport proprement dit, frais de traction, graissage de wagons, formation des convois, manœuvres des aiguilles et nettoyage des voies;

Déblais, remaniement à la charge, ouverture de cunette et déchargement.

Dans la colonne n° 8, on a compté tout ce qui est porté ci-dessus par les colonnes nos 5, 6 et 7, excepté les dépenses concernant les voies moins-value, pose, dépose, repose, entretien.

Dans la colonne n° 8, on a compté seulement ce qui concerne les transports proprement dits, frais de matériel des véhicules employés aux transports, locomotives et wagons moins-value, entretien et graissage, frais de traction, manœuvre des aiguilles et nettoyage des voies.

Dans les colonnes 10 et 11, j'ai indiqué des prix de transport en bateau, mais ils ne peuvent être comparés avec ceux des sept premières colonnes, parce qu'ils ne contiennent ni les frais de chargement et de déchargement, ni les frais de transport du lieu d'extraction au bateau et du bateau au lieu d'emploi. Ces frais, qui ne peuvent jamais descendre au-dessous de ceux de déchargement, au moins $0^f,20$, peuvent, on le conçoit, s'élever d'une manière illimitée, et par suite on ne peut leur assigner aucun chiffre.

Les prix de transport sont aussi extrêmement variables, suivant qu'on fait usage de bateaux plus ou moins grands.

Ces prix de transport proprement dit sont en raison inverse de la grandeur des bateaux dont on fait usage. Au contraire, les frais de temps perdu à la charge et à la décharge sont en raison directe de la grandeur des bateaux.

On conçoit par suite que les prix doivent varier dans des limites très-grandes qui n'ont de bornes que les dimensions des bateaux dont on peut faire usage.

Pour ne pas trop multiplier le nombre des colonnes du tableau com-

paratif, on s'est borné ici à indiquer les prix correspondants à deux espèces différentes, ceux d'une contenance de 30 mètres traînés par un seul cheval, et ceux d'une contenance de 2 mètres traînés par un homme.

OBSERVATIONS DIVERSES.

DE LA COMPARAISON QUI PEUT ÊTRE FAITE ENTRE LES PRIX PORTÉS AUX TABLEAUX A ET B QUI PRÉCÈDENT A CEUX PORTÉS DANS UN TABLEAU DRESSÉ PAR M. BRABANT EN 1838 A LA SUITE D'UNE NOTE POUR LE TRANSPORT EN WAGON DE TERRASSEMENT ET DE BALLAST, PUBLIÉ VERS 1842 DANS LE PORTEFEUILLE DE L'INGÉNIEUR DES CHEMINS DE FER PAR MM. PERDONNET ET POLONCEAU.

Vers 1842, il a été publié, dans *le Portefeuille de l'Ingénieur des chemins de fer*, par MM. Perdonnet et Polonceau, un tableau de prix de transport que j'avais dressé en 1838 d'après ceux de revient de la tranchée de Clamart sur le chemin de Paris à Versailles, rive gauche.

Si l'on voulait établir des comparaisons entre les prix portés dans ce tableau et ceux qui se trouvent dans les tableaux A et B qui précèdent, il faudrait d'abord retrancher des premiers les fouille et charge, comprises pour 0f,60, prix de revient, payé à la tranchée de Clamart, qui a été ouverte dans une marne très-compacte, mêlée de terre et de caillasse d'une extraction très-difficile.

La comparaison qu'on pourrait faire après cette soustraction opérée ferait reconnaître que les prix de transport en wagons sont beaucoup plus élevés dans le tableau de 1838 que dans ceux qui précèdent.

Les différences tiennent aux circonstances suivantes :

1° Que ces sortes de transport ont depuis seize ans subi une baisse à peu près égale à celle qui s'est produite sur les transports effectués dans les chemins en exploitation.

Cet abaissement dans les prix de transport est dû à celui des objets de matériel et à l'expérience que l'on a acquise depuis cette époque.

2° Que les chiffres portés dans le tableau B qui précède sont des prix moyens, tandis que ceux portés dans le tableau de 1838 se rapportaient à la tranchée de Clamart, exécutée à 6 kilomètres de Paris et dans un rayon où le prix de revient des travaux est très-élevé.

3° Que les déblais de cette tranchée étaient d'un poids énorme qui dépassait la moyenne ordinaire des terres et qu'ils foisonnaient de 50 pour 100.

Enfin que les travaux ont été, par des motifs qui n'ont pas besoin d'être exposés ici, poussés avec une activité exceptionnelle, au point que l'on a conduit par jour de 12 heures et par un seul versant jusqu'à 1500 mètres cubes de terre mesurés au déblai.

OBSERVATIONS SUR LES PRIX DE LA MOINS-VALUE DES RAILS DÉFINITIFS EMPLOYÉS DANS LES VOIES PROVISOIRES.

Des appréciations faites par MM. Thiollier et de Mondésir. — Dans deux mémoires riches de faits et d'observations judicieuses [1], MM. Piarron de Mondésir et Thiollier, ingénieurs des ponts et chaussées, ont traité avec beaucoup de talent la question des transports de terrassements en wagons.

Mais ils ont, suivant moi, évalué beaucoup trop bas la moins-value des rails définitifs employés dans les voies provisoires, et comme les chiffres qu'ils ont donnés doivent, contrairement à ce que j'ai dit au commencement de cette note à l'occasion de la formule n° 3, faire penser que l'emploi des rails définitifs présente sur l'emploi des rails provisoires une très-grande économie, j'ai cru devoir combattre leurs chiffres et démontrer qu'ils ne contiennent qu'une partie de la moins-value et la plus faible.

Dans son mémoire, pages 281 et 282, M. de Mondésir, parlant de la moins-value des rails et des coussinets, dit qu'il n'a pas encore été à même de calculer par l'observation sur les chantiers la moins-value du matériel. Il cite un rapport de M. l'inspecteur Kermaingant qui aurait évalué cette moins-value à $0^f,59$, il dit savoir qu'au chemin de Rouen, où les rails pèsent 35 kilogrammes, le mètre courant de cette moins-value a été payé $0^f,50$ par mètre courant de rail.

Faisant remarquer que la moins-value doit croître avec l'importance des tranchées, il l'estime par mètre courant de rail à $0^f,45$, $0^f,50$ et $0^f,55$, suivant qu'ils ont été employés dans des tranchées petites, moyennes et grandes.

Il parle ensuite des traverses, chevillettes et coins en sorte qu'il est évident que les chiffres cités par lui s'appliquent aux rails et aux coussinets, et que par conséquent, pour avoir la moins-value des rails, il faudrait diminuer de ces chiffres, déjà très-faibles, la part attribuée aux coussinets.

Dans son article, page 229, M. Thiollier estime la moins-value pour les rails de $4^m,50$, pesant 30 kilogrammes à $\frac{1}{10}$ de leur valeur primitive qu'il porte à 365^f la tonne, ce qui ferait environ $0^f,27$ par mètre courant de rail.

Pour des rails qui ont perdu une partie de leur poids par suite de usure, M. Thiollier compte seulement la petite quantité de matière manquante, au prix d'acquisition, sans tenir compte de l'élément bien plus important, la diminution de durée que cette petite perte entraîne, comme si des rails pouvaient servir jusqu'à ce qu'ils soient entièrement consommés, tandis qu'au contraire ils se trouvent hors de service après avoir perdu une très-faible partie de leur poids.

1. Ces mémoires ont été insérés dans les 6e et 8e cahiers des *Annales des ponts et chaussées* de 1847 et 1849.

Pour des rails dont les arêtes sont endommagées, M. Thiollier ne compte que la main-d'œuvre d'ajustement pour mettre les rails en état de service, et rien du tout pour le tort si important que l'usure des arêtes fait incontestablement subir aux rails, dont la durée se trouve par ce fait abrégée d'une manière extrêmement notable.

Expertise constatant la moins-value des rails définitifs employés dans les voies provisoires pour l'exécution des travaux du chemin de fer d'Orléans à Bordeaux. — Dans les expertises faites sur le chemin de fer d'Orléans à Bordeaux dans le but de constater la moins-value des rails définitifs prêtés par la compagnie à l'État, pour servir à l'exécution des travaux, les bases qui ont servi aux évaluations étaient plutôt faibles que fortes, et elles ont donné pour la moins-value d'un mètre courant de rail.

Dans la première section.....	0f,91
Dans la seconde section.....	1 ,71

Dans la première section, les experts étaient : pour l'État, M. Maniel, ingénieur en chef des ponts et chaussées, chargé du service des travaux et de la surveillance du chemin de fer du Nord ; pour la compagnie, M. Flachat, ingénieur en chef du chemin de fer de Saint-Germain et de Versailles.

Dans la seconde section, l'expertise a été faite par moi pour le compte de l'État et pour le compte de la compagnie par un de ses agents.

La base des évaluations a été celle posée dans la première expertise par MM. Maniel et Flachat.

Ce qui a donné lieu à la grande différence, entre les évaluations, c'est que les rails dans la seconde section avaient beaucoup plus servi que dans la première.

A la tranchée de Clamart, la moins-value pour des rails de 4m,50 de longueur pesant 30 kilomètres, a été calculée en 1838 en prenant pour base un prix de 400f la tonne.

Les résultats de calcul ont donné pour un mètre courant de rail 1f,75.

Ils avaient supporté un mouvement de 192000 mètres cubes de déblais transportés à une distance de 1500 mètres sur un développement de voies de 6000. Soit 48000 mètres cubes par mètre courant de voie.

Les autres objets de matériel qui entrent dans la composition des voies m'ont paru estimés d'une manière convenable dans les différentes publications parvenues à ma connaissance. Je n'en parlerai ici que pour dire qu'il en est de ces objets comme des rails, c'est-à-dire que la dépense de moins-value ne diffère guère, quel que soit le matériel dont on fait usage.

Je terminerai cette note par des citations extraites des passages de leur mémoire où MM. Thiollier et de Mondésir ont traité de la moins-value de rails définitifs employés dans les voies provisoires, et par un procès-verbal d'expertise dressé par MM. Maniel et Flachat, dans le

but de constater la moins-value des rails employés pour l'exécution des travaux dans la première section du chemin de fer d'Orléans à Bordeaux.

EXTRAIT

D'UN MÉMOIRE INSÉRÉ DANS LE 6e CAHIER DES ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES DE 1847, SUR LES TRANSPORTS DE TERRASSEMENT AU WAGON SUR VOIES PROVISOIRES, PAR M. PIARRON DE MONDÉSIR, INGÉNIEUR DES PONTS ET CHAUSSÉES.

(Pages 281 à 282.)

Quant à l'évaluation qu'il convient de faire de la moins-value du matériel, nous n'avons pas encore pu la calculer par l'observation de nos chantiers, parce que les entrepreneurs n'ont pas encore fait la remise du matériel qui leur a été livré par l'État. M. l'inspecteur Kermaingant, dans son rapport déjà cité, porte cette moins-value à 0f,59, et nous savons qu'au chemin de fer de Rouen, où les rails pèsent 35 kilogrammes par mètre courant, cette moins-value a été payée 0f,50 par mètre courant de rails.

Comme nous considérons ici quatre cas particuliers, que la moins-value doit croître avec l'importance des tranchées, et que d'ailleurs, comme on le verra plus loin, nous tenons compte à l'entrepreneur de la dépense nécessaire pour l'établissement d'évitements qui ne nécessitent ni coupure ni courbure de rails, nous adopterons les évaluations suivantes :

Pour les petites tranchées....	0f,45	par mètre courant de rail.
Pour les tranchées moyennes..	0 ,50	..... *id*.....
Pour les grandes et très-grandes tranchées.....	0 ,55	..... *id*.....

EXTRAIT

D'UN MÉMOIRE INSÉRÉ DANS LE 5e CAHIER DES ANNALES DES PONTS ET CHAUSSÉES DE 1849 SUR LE TRANSPORT AU WAGON DES DÉBLAIS D'UN CHEMIN DE FER EN EMPLOYANT LES MATÉRIAUX DES VOIES DÉFINITIVES, PAR M. THIOLLIÈRE, INGÉNIEUR DES PONTS ET CHAUSSÉES.

(Pages 226 à 229.)

§ 4. *Fourniture et entretien des voies provisoires.*

Moins-value des voies provisoires. — Le matériel définitif mis à la disposition des cinq ateliers que nous avons particulièrement cités se composait : 1° de 9018 rails de 4m,50 de longueur normale du poids de 30 kilogrammes par mètre courant ; 2° de 34000 coussinets, tant de joints qu'intermédiaires, pesant chacun en moyenne 9k,50. Ces quanti-

tés représentent une longueur de voie simple de 20 285 mètres courants.

La valeur de ce matériel s'établit ainsi :

9 048 rails pesant.....	1217 43 à 365f l'une	444 361f,95c
34 000 coussinets pesant.....	323 00 à 275	88 825 00
	Total.....	533 186f,95c

Si l'on admet (ce qui est à peu de chose près exact pour une exploitation semblable à celle que nous décrivons) que le développement total des voies d'un atelier de terrassement soit représenté par 3,80 *d*, la longueur des voies qui ont été établies au moyen du matériel ci-dessus estimé représentera le développement de celle d'un atelier dont les terres devraient être transportées à la distance réduite de $\frac{20285}{3,80} = 5338$ mètres. Or, en rapportant à cette même distance 5338 mètres le travail exécuté par les ateliers de terrassement et de ballastage sur les voies établies au moyen de ce matériel, nous avons trouvé un cube de 139 400 mètres, auquel il faut ajouter celui de matériaux divers employés à la construction de perrés et d'empierrements. La totalité des cubes transportés à cette distance s'élèverait donc à 150 000, chiffre qui correspond justement au travail qui serait exécuté dans l'espace d'une campagne sur un atelier de terrassement exploité à 600 mètres cubes par jour.

La Compagnie concessionnaire du chemin de fer de Paris à Lyon, ayant, au moment de son avénement, demandé la modification du modèle des rails et coussinets à employer pour la confection des voies définitives de la section de Dijon à Châlon, le matériel dont il vient d'être question a dû être réservé pour être employé par cette Compagnie sur d'autres travaux de terrassement, à part cependant la proportion nécessaire à la confection des voies de gare et d'évitement. Mais l'état de toutes les pièces qui le composent n'en a pas moins été vérifié en détail et avec le plus grand soin après l'usage qui en a été fait pour les transports des terrassements et du ballast ; de plus, en mettant à l'état d'emploi la partie réservée pour les voies de gares, des expériences ont été faites en assez grand nombre pour apprécier le compte exact des dépenses qu'il eût fallu faire pour ramener au même état la totalité.

Voici ce qui a été constaté à ce sujet :

1° *Rails.* — Aucun rail n'a été perdu ; 5 seulement ont été brisés, mais par suite de l'abus qui en a été fait par certains entrepreneurs qui ont négligé de mettre le nombre des traverses nécessaires pour les soutenir, ou qui s'en servaient en guise de leviers pour manœuvrer les estacades. L'usage a dénoté, sur un nombre de 405, des défauts de soudure entre le fer corroyé formant l'une des faces et le corps du rail formé en fer puddlé brut ; ces défauts sont ceux de fabrication, contre lesquels les fournisseurs, aux termes des conditions imposées ordinai-

rement, doivent une garantie. On ne doit donc à ce sujet porter en compte que les frais de transport des ateliers au port le plus prochain pour ces rails, qui doivent être remplacés par le fournisseur lui-même.

1072 rails ont subi, soit sur champ, soit sur plat, diverses courbures de $0^m,005$ à $0^m,015$ de flèche, déformations si faibles que leur redressage peut être fait à froid, et le marché en a été passé à raison de 1 fr. pour chacun d'eux.

Quant aux autres rails, ils n'ont point paru altérés sous ce point de vue d'examen, ou, si les courbures insignifiantes qu'ils ont présentées après l'usage n'existaient point auparavant, leurs limites ont été tellement peu sensibles, que le serrement des coins dans le coussinet des voies suffit pour les amener à parfaite direction.

L'altération qui s'est fait remarquer de la manière la plus générale est celle des arêtes extrêmes, lesquelles, à la suite d'une pose quelquefois défectueuse, d'un entretien difficile, souvent oublié aux abords de la charge et de la décharge des terres, se sont trouvées en grande proportion abattues ou refoulées par l'effet du roulage. Pour ramener ces arêtes à l'état d'avivement du rail neuf, il faut reprendre le fer au burin et à la lime; cette main-d'œuvre, marchandée, a été exécutée avec toute la perfection désirable moyennant le prix de $0^f,65$ par rail.

Quant à l'usure et à la déperdition du poids, suite de l'effet du roulage, elle a été déterminée par une série de pesées faites lors de l'achèvement des travaux et comparées avec celles des rails neufs relevées à l'usine : cette perte de poids peut être estimée assez approximativement à la proportion maximum de $0^k,75$ par rail de $4^m,50$ de longueur.

Ces pertes en moins-value s'estiment comme il suit :

	kil.		fr. c.		fr. c.
Cinq rails brisés.....	5	à	30, 00	=	150,00
Transport des rails auxquels l'usage a fait reconnaître des défauts de soudure, aller et retour, compris toute indemnité s'il y avait lieu.....	405	à	4, 00	=	1620,00
Redressage des rails courbés.....	1072	à	1, 00	=	1072,00
Perte de poids, suite de l'usure par le roulage, à raison de $0^k,75$ par rail...	6763,50	à	0,365	=	2468,68
Rétablissement des arêtes refoulées à raison de $0^f,65$ par rail en moyenne....	8416	à	0, 65	=	5470,40
Perte de poids, suite de cette opération, environ $0^k,12$ par rail.....	1009,92	à	0,365	=	368,62
			Total....		11 149,70

Rapportée à la valeur primitive des rails employés, cette moins-value peut, en tenant compte de toutes les éventualités, être estimée à la proportion nette de 1/40.

EXTRAIT

DU PROCÈS-VERBAL CONSTATANT LA DÉPRÉCIATION SUBIE PAR LES RAILS ET COUSSINETS[1] PRÊTÉS A L'ÉTAT PAR LA COMPAGNIE.

Les soussignés :

Jacques Maniel, ingénieur en chef des ponts et chaussées, chargé des travaux et de la surveillance du chemin de fer du Nord,

Et Eugène Flachat, ingénieur en chef du chemin de fer de Paris à Saint-Germain et à Versailles,

Désignés,

Le premier par M. le préfet d'Indre-et-Loire, par arrêté en date du 30 novembre 1850,

Le deuxième par la Compagnie concessionnaire du chemin de fer d'Orléans à Bordeaux,

Pour procéder, en qualité d'experts, à la fixation de l'indemnité à payer à la Compagnie par l'État, en raison de l'usage qu'il a fait des rails et coussinets prêtés par la Compagnie pour l'exécution des terrassements du chemin de fer précité,

Se sont présentés le 19 décembre 1850 devant M. le préfet d'Indre-et-Loire et ont prêté serment entre ses mains de remplir avec impartialité la mission qui leur était confiée.

Les soussignés ont procédé le même jour à la visite des divers dépôts qui leur ont été présentés : d'une part, par MM. Morandière, ingénieur en chef, et Petit, ingénieur ordinaire des ponts et chaussées ; d'autre part, par M. Pepin-Lehalleur, ingénieur en chef de la Compagnie concessionnaire. Dans ces dépôts se trouvaient, classés par ordre, les divers matériaux dont les ingénieurs de l'Etat ont déclaré faire la remise à la Compagnie.

Il est résulté de cet examen, comme aussi du comptage fait contradictoirement par les agents de ces deux services, que les approvisionnements remis à la Compagnie comprenaient :

1° Les rails dont le détail suit :

1. On a mis seulement ici ce qui concerne les rails

	MARQUES.	RAILS		
		de 4m,80.	de 3m,60.	divers.
Rails en bon état.....	A	332	132	»
Rails altérés par défaut de qualité ou excès de service, mais pouvant être employés après un dressage sur 1, 2 ou 3 côtés.....	B	1986	»	»
Rails de même espèce que les précédents, mais devant être rognés ou ajustés au bout.....	B'	829	1	»
Rails ne nécessitant d'autres réparations qu'un redressage.....	C'	1681	387	»
Rails ne nécessitant qu'une recoupe ou un ajustage au bout.....	C²	10	»	»
Rails nécessitant un ajustage et un redressage.....	C³	1514	64	»
Rails hors d'emploi par défaut de qualité ou excès de service.....	D	243		
Bouts de rails.....	»	»	»	277
Totaux.....		9595	584	277

Il a été constaté que les 277 bouts représentaient une longueur de..... ..... 437m,82,

Ce qui porte la longueur totale de tous les rails à..... 48 596m,22.

Les pièces qui nous ont été remises sous les yeux et qui n'ont pas été contestées par les parties, et notamment l'arrêté de M. le préfet d'Indre-et-Loire en date du 30 novembre 1850, établissent que la Compagnie a prêté à l'État :

	RAILS		
	de 4m,80.	de 4m,50.	de 3m,60.
1° Les rails dont le détail est ci-contre.	9561	11	699
	10 271		

Lesdits rails représentent une longueur de..... 48 458m,70

Et pèsent..... 1 616 360k,00

Ce qui porterait le poids du mètre courant à 33k,335, poids sensiblement égal au poids normal accusé par la Compagnie (33k,333).

Les experts soussignés, après avoir examiné séparément les différents éléments de l'estimation qu'ils avaient à faire, se sont réunis de nouveau pour les discuter contradictoirement, et ils ont arrêté d'accord les bases suivantes :

1° Pour les rails.

1° *Dressage*. L'état de dressage fourni par la Compagnie donne un total de..... 6489f,05
y compris, pour transport et fourniture d'outils..... 929f,75

Cette dernière somme comprend un transport de Dieppe à Tours. Les réparations pour mise en état et une partie doit rester à la charge de l'entrepreneur, qui aura évidemment à se servir de l'appareil pour son compte.

Le prix du dressage devant porter sur 44 874m,44, on peut fixer les prix par mètre à..... 0f,14

2° *Recoupage*. Le recoupage d'un bout avec ajustage coûte, quand on est outille, 0f,875. Un fort ajustage seul coûte 0f,266; or, sur 2418 rails qu'on avait d'abord comptés comme devant être recoupés, 1448 ont subi un simple ajustage dont le prix est compris dans la dépense, dressage rappelée ci-dessus. Il n'y a donc qu'à compter le prix de 0f,875 par bout pour 970 rails, ou bien, si on ne veut pas changer les chiffres des procès-verbaux de reconnaissance appliqués pour la totalité des rails (2418), le prix de 0f,351.

3° *Réflection des rails*. En août 1849, la Compagnie d'Orléans a fait avec l'usine de Fourchambault un traité qui fait ressortir les prix de réflection pour les rails pris et rendus à Orléans à 147f,00 la tonne. Les prix ont baissé depuis, mais comme il y a un supplément de transport il paraît juste de porter le prix de réflection par tonne à..... 150f,00

4° *Moins-value des rails raccourcis*. On peut évaluer la moins-value des rails raccourcis à 8 fr. par rail ou 50 fr. par tonne.

Il n'y a en réalité que 970 rails à raccourcir. Si on veut appliquer le prix aux 2418 qu'on supposait devoir être raccourcis, il faudra réduire le prix par tonne à..... 21f,20

5° *Moins-value relative aux rails avariés sur les arêtes*. Les rails usés par le roulement des wagons sont presque tous usés sur un bord seulement; quelques-uns le sont seulement sur deux, le plus petit nombre sur trois. On peut admettre que l'usure existe en moyenne sur deux arêtes. Sur le chemin de fer d'Orléans à Bordeaux, la durée moyenne des rails peut être évaluée à..... 40 ans.

On peut admettre que les rails dont il s'agit ne dureront donc que 18 ans.

La réflection, poids pour poids, équivaudra à la fin de la première période par tonne à..... 140f,00

Et la seconde à..... 120f,00

En calculant à 5 pour 100 la valeur d'aujourd'hui, qui représenterait

ces valeurs dans 18 ans et 40 ans, on trouve 58f,16 et 17f,04, ce qui donne pour les rails avariés une moins value à ce jour de 41f,12.

Ces bases posées, les experts ont établi d'un commun accord, ainsi qu'il suit, les sommes que l'État aura à payer à la Compagnie comme compensation des différences qui existent entre les matériaux qu'il a reçus et ceux qu'il rend.

1° RAILS.

1° *Balance des quantités.* La longueur totale des rails prêtés est de..... 48 458m,70

La longueur des rails rendus est de..... 48 596m,22

Différence en faveur de l'État..... 137m,52

Cette différence est insignifiante, et comme il ne paraît pas que l'État ait eu d'autres rails à sa disposition que ceux de la Compagnie, on doit en conclure seulement qu'il n'y a pas de défauts constatés dans la remise dont il s'agit.

2° *Rails en bon état.* Les rails de la marque A, tous en bon état, ne doivent pas donner lieu à indemnité.

3° *Rails de la marque* B'. Les rails de la marque B' doivent donner lieu à indemnité pour dressage et en raison aussi de la moins value sur les arêtes.

	mèt.	fr. c.	fr. c.
La longueur de ces rails est de 9532m,80, ce qui donne pour dressage (n° 1).....	9 532,80	0 14	1 334 59
Le poids de ces mêmes rails est de 317 756k,82, ce qui donne pour la moins value (n° 5).....	317 756,82	41 20	13 066 13
4° *Rails de la marque* B". Les rails de la marque B" doivent subir diverses opérations; il y a 830 rails de 3982 mètres de longueur : 1° pour redressage, il est dû le prix (n° 1).....	3 982,80	0 14	557 59
2° Pour recouper les bouts en comptant en moyenne trois bouts pour deux rails, il est dû le prix (n° 2).....	1 245,00	0 351	436 99
3° Les rails après recoupage ne pèseront que 129 060k,37, et ces rails sont affectés d'une dépréciation pour longueurs inégales représentées par le prix (n° 4).....	129 060,37	21 20	2 736 08
4° Ces mêmes rails perdent la valeur (n° 5) pour avarie sur les arêtes.....	129 060,37	41 12	5 306 96
5° Les bouts provenant de ces rails pèsent 3698k,30 et sont à refaire au prix n° 3.		150,00	554 74
A reporter.....			23 993 08

	mèt.	fr. c.	fr. c.
Report.....			23 993 08
5° *Rails de la marque* C'. Les rails de la marque C' sont simplement à redresser ; leur longueur est de 23 862 mètres, le prix à payer par mètre est de (n° 1).....	23 862	0 14	3340 68
6° *Rails de la marque* C². Les rails de la marque C² sont au nombre de 10 ; ils pèsent 1599k,98 et donneront lieu pour recoupe à 10 rails raccourcis pesant 1566k,65 à des bouts pesant 33k,33.			
1° Le prix n° 2 est dû pour recoupe (1 bout et 1/2 pour rail), ci.....	15,00	0 351	5 26
2° Le prix n° 4 pour moins value de raccourcissement.....	1566,65	21 20	33 21
3° Le prix n° 3 pour réflection des bouts.	33,33	150 00	5 00
7° *Rails de la marque* C³. Le nombre des rails C³ est de 1578 ; leur longueur 7497m,60. Les rails raccourcis pèseront 237 359k,29, et les bouts provenant du raccourcissement, 12 558k,21. Il est dû :			
1° Le prix n° 1 pour dressage.....	7497,60	0 14	1049 66
2° Le prix n° 2 pour recoupe (1 bout et 1/2 pour rail en moyenne).....	2367,00	0 351	830 83
3° Le prix n° 4 pour moins value de raccourcissement.....	237 359,29	21 21	5032 02
4° Le prix n° 3 pour réflection des bouts.	12 558,21	150 00	1883 73
8° *Rails de la marque* D. Les rails de la marque D sont à refaire entièrement au prix n° 3. Il y en a 243 qui pèsent 38 879k,61. Il est dû pour ces rails.....	38 879,61	150 00	5831 94
9° *Bouts de rails.* L'État fait remise à la Compagnie de 277 bouts de rails pesant 14 593k,85, pour lesquels il est dû le prix n° 3.....	14 593,85	150 00	2189 08
Montant total des sommes dues pour les rails.....			44494 31[1]

2° COUSSINETS.

.....

Les experts soussignés, etc., etc.

1. Le développement des rails prêtés étant de 48 456m,70, la moins value par mètre courant est de $\frac{44\,194\,61}{48\,458\,70} = 0,91$.

PRIX DE REVIENT

des travaux de consolidation.

EXTRAITS DE LA NOTE DE M. DE SAZILLY.

(*Annales des ponts et chaussées.*)

Il nous reste actuellement à traiter une question très-importante, celle de la dépense à laquelle donnent lieu les procédés de la consolidation.

Lorsqu'il s'agit de réparer un éboulement effectué, la dépense, toujours considérable, est très-variable avec la masse et la figure, toujours imparfaitement connues, de l'éboulement, avant l'enlèvement des terres mises en mouvement, et il est bien difficile de l'estimer *à priori* d'une manière suffisamment approchée.

Lorsqu'au contraire les procédés d'assainissement sont employés comme moyens préventifs, ainsi que cela devrait toujours avoir lieu, il devient facile d'estimer d'avance et d'une manière approchée la dépense qu'ils entraîneront; car alors la partie la plus importante de cette dépense consiste dans l'établissement d'une chemise d'épaisseur déterminée, faite avec des terres saines, dont la distance de transport sera connue, ou avec des moellons dont le prix sera également connu.

Pour les travaux de consolidation que nous avons eu à faire, nous avons, presque toujours, trouvé à proximité, dans la partie supérieure des talus, des terres de nature convenable pour faire la chemise dont il s'agit, et le prix superficiel de chemise de $0^{m},30$ d'épaisseur réduite, presque toujours inférieur au chiffre du sous-détail qui suit, l'a bien rarement dépassé.

	fr.
Fouille dans l'emplacement de la chemise, transport des terres en dépôt, dressement des surfaces des redans, $0^{m3},30$ de terre glaise à $1^{f},91$	0,57
Approvisionnement, reprise, régalage, pilonnage en trois couches de $0^{m3},30$ de terre saine à $2^{f},03$ le mètre	0,61
Règlement des talus et semis	0,10
	1,28

La dépense des pierrées est ordinairement beaucoup moindre que celle de la chemise; mais on comprend que cette dépense est très-variable avec la nature des talus. Elle sera très-minime, si l'on a affaire à une masse glaiseuse nettement accusée et surmontée par un banc perméable ; car alors il n'y aura qu'une pierrée longitudinale à faire dans la hauteur du talus ; mais elle pourra acquérir une certaine importance si la masse argileuse présente des couches perméables étagées les unes au-dessus des autres.

Voici en tous cas comment s'établissait le prix moyen d'un mètre cou-

rant de pierrée dans nos travaux du chemin de fer de Strasbourg, et nous croyons que ce prix, qui ne pourra guère varier qu'en raison du prix de la brique, du caillou et des gazons, sera ordinairement plus que suffisant.

	fr.
Fouille de la rigole et transport des terres en dépôt, $0^{m3},25$ de terre glaise à $1^f,01$	0,48
Plus value pour dressement du fond et des parois de la rigole	0,06
Fourniture de mortier et de briques et façon du radier	1,20
Fourniture et emploi de $0^{m3},10$ de caillou à $6^f,20$ le mètre	0,62
Recouvrement du caillou en gazons, $0^{m2},35$ de gazons de $0^m,10$ d'épaisseur à $1^f,60$ le mètre superficiel	0,56
Total	2,92

A la tranchée de Gagny, il entrait moyennement un mètre courant de pierrée dans une surface de talus de 6 mètres carrés. D'après cette base, qui sera rarement dépassée, on voit, par les sous-détails qui précèdent, que le prix de revient d'un mètre superficiel de talus consolidé préventivement ou avant tout mouvement pourrait, dans la tranchée dont il s'agit, être évalué à $1^f,77$ [1].

L'énoncé de ce chiffre suffit pour donner une idée des économies considérables qu'on pourra réaliser en employant à temps ce qu'on pourrait appeler les petits moyens, de préférence aux perrés à grande épaisseur, murs de soutènement, contre-forts, etc., qui constituent les grands moyens, qu'il est toujours bien difficile d'employer avant que les terres aient commencé de se mettre en mouvement.

Les procédés d'assainissement perdront, il est vrai, beaucoup de leurs avantages si, ne les appliquant pas à mesure que la tranchée s'approfondit, on laisse aux glaises le temps de se désorganiser sous les influences atmosphériques et l'action des eaux intérieures; car alors ils exigeront toujours l'enlèvement de masses de terre plus ou moins considérables; la chemise devra s'étendre sur une surface notablement plus grande, en même temps qu'on sera forcé de lui donner plus d'épaisseur en certains points, pour régulariser la surface de l'élargissement qu'on laissera subsister dans la tranchée; enfin, les pierrées elles-mêmes prendront plus de développement [2].

1. Dans la tranchée de Bourg-la-Reine, sur le chemin de fer d'Orsay, le mètre superficiel de talus assainis préventivement par M. Couche, est revenu à 2 fr. 85, chiffre notablement supérieur au chiffre ci-dessus; l'élévation du prix de M. Couche tient surtout à ce que la glaise était coupée par de nombreux bancs de marne perméable, et à ce que, par suite, il fallait établir les pierrées longitudinales sur des points beaucoup plus rapprochés qu'à la tranchée de Gagny.

2. Dans la tranchée de Bourg-la-Reine, déjà citée, les procédés d'assainissement n'ont été employés, après la production des éboulements, que sur deux points seulement; sur ces points, le prix de revient du mètre superficiel de talus assaini s'est élevé en réunite à 12 fr. 89, c'est-à-dire à un prix plus que quadruple du prix de revient des talus assainis préventivement.

Dans la tranchée de la Haute-Loge, sur le chemin de Calais, le mètre superficiel de talus assaini et consolidé par M. l'ingénieur Maniel, après la production des éboulements,

Il pourra même arriver, surtout si le sol présente une forte inclinaison transversale, que les masses, mises en mouvement, aient une étendue telle qu'il soit plus économique de recourir aux grands moyens.

Cependant nous croyons que, même lorsqu'ils ne seront employés qu'après la production des éboulements et comme moyens répressifs, les procédés d'assainissement seront encore, dans la plupart des cas, beaucoup plus économiques que les murs de soutènement.

Lorsque nous avons été attaché au service du chemin de fer de Strasbourg, les talus de la tranchée de Gagny, dont la profondeur maximum est de près de 13 mètres, et dont la profondeur moyenne est de 9 mètres environ, présentaient de nombreux éboulements ; quelques-uns de ces éboulements, bien que la tranchée fût loin d'être à profondeur, s'étendaient jusqu'à 10, 12 et 14 mètres en dehors du sommet du talus normal.

Ces talus devaient être consolidés au moyen de murs de soutènement en pierres sèches avec contre-forts, d'après un projet de notre prédécesseur, qui fut approuvé peu de temps après par l'administration ; mais, sur nos instances et pour activer le travail, M. l'ingénieur en chef voulut bien consentir à nous laisser employer concurremment nos procédés d'assainissement dans la partie où les eaux se montraient le plus abondantes, et, bien qu'ils aient été employés presque exclusivement comme moyens répressifs, bien que des fautes aient été faites dans l'exécution de ces travaux[1], ils ont néanmoins donné lieu à des économies fort importantes.

Nous ne pouvons malheureusement pas aujourd'hui séparer d'une manière certaine et complète la dépense afférente aux talus qui ont été soutenus par les murs, de la dépense qui concerne les talus simplement assainis, parce qu'à la suite de quelques mouvements éprouvés dès le principe par les murs, nous avons fait pratiquer derrière ces murs des assainissements et des remaniements de terre qui ont été faits par voie de régie, et que ces travaux se confondent sur les états d'attachement avec ceux qui se rapportent aux talus simplement assainis.

Il en résulte que si l'on attribue toute la dépense des assainissements et remaniements de terre aux talus non soutenus par des murs, on exagérera beaucoup la dépense de ces talus, et qu'on estimera au contraire trop bas la dépense des talus soutenus par des murs.

Cette manière d'opérer, très-défavorable aux procédés d'assainissement, est la seule dont nous puissions faire usage aujourd'hui pour donner une idée affaiblie de l'économie que nous avons réalisée.

Les murs de soutènement occupent, dans la tranchée de Gagny, une longueur de 1090^{m},20 et ont coûté, y compris fouilles, maçonneries,

est seulement revenu à 4 fr. 07; mais il convient de remarquer que la profondeur moyenne de cette tranchée n'est guère que de 4 mètres, et il nous paraît très-probable que le prix de revient des talus assainis préventivement serait resté au-dessous du chiffre de 1 fr. 77.

1. Les deux fautes qui ont été faites sont indiquées, l'une dans la note du n° 37, l'autre au n° 46 ; ces fautes, qu'il a fallu réparer depuis la mise en exploitation du chemin, n'ont pas coûté moins de 13 597 fr. 91.

	fr. c.
étayements et épuisements, mais non compris assainissements, remaniements de terre, etc.....	244 663,44
Les procédés d'assainissement ont été employés sur une longueur de 910m,13, et coûtent, y compris assainissements et remaniements de terre derrière les murs ci-dessus.....	90 969,39
Total.....	335 632,83

Il résulte de là que le prix du mètre courant de talus consolidé par des murs est au moins de.....	224,42
Et que le prix réduit du mètre courant de talus consolidé par les procédés d'assainissement est au plus de.....	99,95
Chiffre moindre que la moitié du précédent, et qui accuse par mètre courant en faveur des procédés d'assainissement une économie au moins égale à[1].....	124,47

On peut conclure de là que si l'on avait exécuté des murs de soutènement sur toute la longueur qu'il a fallu consolider, ainsi que le comportait le projet, on aurait eu une augmentation de dépense au moins égale à $910,13 + 124,47 = 11 = 3\,65^f,29$, et ce chiffre doit être considéré comme bien inférieur à l'économie qu'on a réellement obtenue en adoptant les procédés d'assainissement sur une partie de la tranchée.

En fait, nous devons le dire, l'exécution des travaux de consolidation de la tranchée n'a présenté, sur les prévisions du projet, qu'une économie de $38\,179^f,38$.

Mais cela tient à ce qu'en dehors des parties assainies ou soutenues par des murs, il a fallu faire des revêtements qui n'avaient pas été prévus pour maintenir des talus sablonneux qui se ravinaient profondément, et aussi à ce que l'on a été obligé, en cours d'exécution, de modifier le profil des murs, et véritablement l'économie, due à l'emploi des procédés d'assainissement, est supérieure à $113\,657^f,29$.

Si les procédés d'assainissement avaient été employés à mesure de l'approfondissement de la tranchée dans toute la partie qui a été consolidée, et si aucune faute n'avait été faite[2], la surface qu'il aurait fallu assainir, pouvant être évaluée à 22 000 mètres carrés environ, on voit que la dépense ne se serait élevée qu'à $22\,000,00 + 1,77 = 38\,940$ fr., et qu'on aurait ainsi réalisé une économie de $296\,692^f,83$ sur la dépense de $335\,632^f,83$ qui a été consacrée à établir des murs et à assainir après la production des éboulements.

1. Il est peut-être bon de faire observer que, dans ces évaluations, nous ne tenons pas compte du revêtement du fossé et de la murette du ballast, qui sont presque toujours indispensables dans toute tranchée profonde.

2. Il est en effet très-probable que les fautes signalées n'auraient pas été commises, si les travaux d'assainissement avaient été faits à mesure de l'approfondissement de la tranchée; car la partie du talus mélangée et aquifère qui a échappé à des travaux faits assez longtemps après sa mise au jour, n'aurait guère pu échapper aussi facilement à des travaux appliqués, dès le principe, d'une manière rationnelle; et quant à la pierrée établie sur un remblai, dans la partie où un éboulement descendait au-dessous du fond de la tranchée, c'est une faute grossière qui n'aurait évidemment pu avoir lieu si les talus avaient été consolidés préventivement.

Au chemin de fer du Centre, où nous avons eu à consolider des talus sur un très-grand développement entre Orléans et le souterrain de Vierzon, et où la maçonnerie de moellon à pierres sèches, dans les tranchées les plus importantes, revenait presque à un prix triple du prix payé à la tranchée de Gagny[1]; au chemin de fer du Centre, disons-nous, où nous avons pu employer les procédés d'assainissement comme moyens préventifs sur la moitié au moins de l'étendue des parties consolidées, nous croyons être bien modéré en disant que les petits moyens ont permis de faire une économie de deux millions au moins.

1. A la tranchée de Gagny, le prix du mètre cube de maçonnerie de moellon à pierre sèche était de 11 fr. 19.

DÉPENSES

FAITES POUR L'ASSÈCHEMENT DES TALUS DANS DEUX TRANCHÉES GLAISEUSES DU CHEMIN DE WISSEMBOURG.

Tranchée de la Schauts.

Longueur de la tranchée	1,000m	»
Hauteur *maxima*	8m	93
Surface des talus consolidés, comprenant les deux côtés de la tranchée	18,000m	»
Longueur des fossés perreyés	2,000m	»
	fr.	c.
Main-d'œuvre applicable à l'exécution des caniveaux, au fascinage et au revêtement des talus en terre végétale	20,038	54
Fourniture de fascines pour le maintien des éboulements	396	99
Fourniture de briques pour les caniveaux	2,298	99
Id. de gravier *id.*	4,550	99
Id. de mortier *id.*	1,420	78
Outils figurant à l'inventaire	282	24
Fournitures diverses : semences, gazon, planches, lattes, menus ustensiles n'ayant plus de valeur	1,745	40
Perreyage des fossés sur 2000 mètres de longueur :		
Fournitures de moellons et façon	13,052	89
Total	43,786	82

Il résulte de la dépense les prix d'unité suivants :

Consolidation du mètre superficiel de talus, non compris les fossés	1 fr.	71 c.
Consolidation du mètre superficiel de talus, compris les fossés	2	43

Prix du mètre courant de tranchée :

Pour les talus	30 fr.	73 c.	
Pour les fossés	13	05	
Ensemble			43 78

Toutes ces consolidations ont été faites préventivement, c'est-à-dire avant qu'aucun éboulement ne se soit produit.

Tranchée de Soultz.

Longueur de la tranchée	500m »
Hauteur *maxima*	5m 35
Surface du talus consolidé, ne comprenant qu'un seul côté de la tranchée	3,500m² »

PREMIÈRE PARTIE.

Tranchée d'assainissement en amont.

	fr.	c.	fr.	c.
Main-d'œuvre de toute espèce	6,357	12		
Bois et planches pour étresillons	1,027	»		
Moellons pour les rigoles	1,202	22		
Divers et transports	326	30		
Total			8,912	64

Consolidation de la surface du talus et perreyage des fossés.

	fr.	c.		
Main-d'œuvre de toute espèce	10,884	04		
Enlèvement des éboulements, transport des terres	2,470	32		
Fourniture de briques pour caniveaux	834	05		
Id. de gravier *id.*	695	38		
Id. de mortier *id.*	422	54		
Id. de moellons pour perrés de fossés	996	74		
Outils figurant à l'inventaire	351	65		
Diverses fournitures : semis, planches, lattes, clous, etc., etc.	757	22		
Total			17,411	94
Total général			26,324	58

Il résulte de ces dépenses les prix d'unité suivants :

		fr.	c.
Consolidation d'un mètre superficiel de talus	Tranchée d'assainissement	2	54
	Consolidation de talus	4	97
	Total	7	51
Consolidation d'un mètre courant de tranchée	Tranchée d'assainissement	178	25
	Consolidation de talus	348	23
	Total	526	48

Les consolidations ont eu lieu après que les éboulements se furent produits. Cette circonstance augmente considérablement le prix de revient, par suite : 1° de l'enlèvement des terres éboulées ; 2° par l'augmentation des surfaces à consolider, qui sont beaucoup plus considérables que les surfaces de talus de la tranchée, suivant son profil normal.

Outre la tranchée faite en amont, parallèlement à la direction du chemin, il a fallu consolider la surface même du talus, suivant la méthode Sazilly. Nous n'avons pas signalé la nécessité de cette seconde opération dans le corps de l'ouvrage, parce que, lorsque nous l'avons rédigé, elle ne s'était pas fait sentir. De là la division de la dépense en tranchée d'assainissement et consolidation de talus.

TABLEAU

DES OPÉRATIONS A FAIRE ET DES PIÈCES A PRODUIRE DANS LA RÉDACTION DES PROJETS DÉFINITIFS DE CHEMINS DE FER.

DÉTAIL DES OPÉRATIONS.	DÉSIGNATION de L'UNITÉ.	NUMÉROS DES PRIX.	PRIX.
CHAPITRE Ier. LEVÉE ET DESSIN DES PLANS PARCELLAIRES ET EXTRAITS DES MATRICES CADASTRALES.			fr. c.
1. Levée et construction du plan parcellaire. (Art. 1 à 7.)..... Pour une largeur de 200 à 250 mètres dans le parcellaire ordinaire..... Et de 100 à 120 mètres seulement dans les agglomérations de maisons....	le kil. de chemin de fer.	1	70 »
Pour chaque mètre de largeur de plus demandé par l'ingénieur..... dans le parcellaire ordinaire	*Id.*	2	0 35
dans les agglomérations de maisons.....	*Id.*	3	0 70
2. Levée et construction des plans des abords des routes, chemins et cours d'eau traversés. (Art. 8.). Somme fixe.....	le plan.	4	5 »
En sus par hectare.....	l'hectare.	5	5 »
3. Confection des calques du cadastre et des extraits de la matricule des rôles. (Art. 9 et 10.).....	le kil. de chemin de fer.	6	20 »
CHAPITRE II. CONFECTION DES PLANS ET DES ÉTATS INDICATIFS D'EXPROPRIATION ET PRÉPARATION AU BORNAGE.			
4. Tracé sur le plan parcellaire des emprises de terrain à exproprier et calculs des surfaces de ces terrains. (Art. 12.).....	*Id.*	7	20 »
5. Copie en triple expédition de la minute du plan parcellaire. (Art. 13.).....	*Id.*	8	30 »
6. Fourniture des plans autographiés. (Art. 14.) Composition et correction des plans et titres.....	le mètre courant de plan.	9	17 »
Papier vergé.....	*Id.*	10	0 20
Papier mécanique.....	*Id.*	10bis	0 10
Tirage de 1 à 100 exemplaires.....	*Id.*	11	10 »
Assemblage, collage et lavis.....	*Id.*	12	0 20
Collage sur toile.....	*Id.*	13	1 »
7. États parcellaires (art. 15) en double expédition.....	le kil. de chemin de fer.	14	16 »
8. États indicatifs des terrains, en triple expédition, y compris le carton pour le dossier des enquêtes. (Art. 15.)..	*Id.*	15	21 »
9. Rigole, piquetage et bornage des terrains à exproprier. (Art. 16.).....	le kil. de rigoles.	16	35 »
10. Fourniture en double expédition d'extraits du plan parcellaire et des notes descriptives devant servir pour le bornage contradictoire dans les actes de vente. (Art. 17.)	le kil. de chemin de fer.	17	60 »
11. Levée et calculs spéciaux des terrains à exproprier après le rigolage. (Art. 17.).....	*Id.*	18	30 »

DÉTAIL DES OPÉRATIONS.	DÉSIGNATION de L'UNITÉ.	NUMÉROS DES PRIX.	PRIX.
CHAPITRE III. Occupations temporaires.			fr. c.
12. Opérations relatives aux occupations temporaires. (Art. 18.) — Extrait du plan cadastral et de la matrice des rôles..... — à payer par parcelle.....	la parcelle.	19	0 25
— à payer en sus par hectare.....	l'hectare.	20	1 »
— Levée et construction du plan parcellaire..... — à payer par parcelle.....	la parcelle.	21	1 25
— à payer en sus par hectare.....	l'hectare.	22	5 »
— États indicatifs et calculs des terrains à occuper..... — à payer par parcelle.....	la parcelle.	23	0 50
— à payer en sus par hectare.....	l'hectare.	24	2 »
— État de lieux contradictoire. — à payer par parcelle.....	la parcelle.	25	2 »
— à payer en sus par hectare.....	l'hectare.	26	5 »
— Rapport donnant les bases de l'estimation..... — à payer par parcelle.....	la parcelle.	27	1 »
— à payer en sus par hectare.....	l'hectare.	28	3 »
CHAPITRE IV. Estimation des terrains.			
13. Relevé des ventes amiables et publiques. (Art. 19.).....	le kil. de chemin de fer.	29	20 »
14. Confection des procès-verbaux de classement. (Art. 20.).	*Id.*	30	10 »
15. Confection des états d'estimation des terrains à exproprier. (Art. 20.).....	*Id.*	31	50 »
16. Fournitures des notes explicatives des offres faites pour les terrains dont l'indemnité sera réglée par le jury. (Art. 21.).....	*Id.*	32	10 »
CHAPITRE V. Clôtures provisoires et définitives du chemin de fer.			
17. Tracé des clôtures et des haies, compris piquetage et rigolage. (Art. 22, 23 et 24.).....	*Id.*	33	30 »
CHAPITRE VI. Terrier et plan parcellaire.			
18. Confection, reliure et cartonnage du terrier. (Art. 25 et 26.)	*Id.*	34	50 »
CHAPITRE VII. Bornage contradictoire définitif des terrains acquis.			
19. Levée, construction du plan, minute et calculs relatifs aux plans de bornage définitif. (Art. 27, 28, 29 et 30).....	*Id.*	35	100 »
20. Rédaction du procès-verbal de bornage. (Art. 31).....	*Id.*	36	25 »
21. Obtention des signatures des riverains et avertissements des juges de paix. (Art. 32.).....	*Id.*	37	30 »
22. Confection, reliure et cartonnage de deux expéditions des plans et procès-verbaux de bornage. (Art. 33 et 34.).	*Id.*	38	30 »
23. Fourniture, transport et pose des bornes. (Art. 35, 36, 37, 38 et 39.)..... — Grosses bornes...	la pièce.	39	2 40
— Petites bornes....	*Id.*	40	» 90
24. Honoraires de chaque vacation de trois heures employées à des opérations non prévues au cahier des charges..... — Pour l'entrepreneur....	la vacation.	41	4 »
— Pour un géomètre sous ses ordres.....	*Id.*	42	3 »

DEVIS

DES CHANGEMENTS DE VOIE DU SYSTÈME WILD.

1° *Déviation à deux voies avec croisement sous l'angle de 5° 1/2.*

1° RAILS SPÉCIAUX.	Rails en fer ordinaire. . 744k,65 à 300f 223 39 — en fer de 1re qual. 771 56 à 380 293 19		516 58
2° FAÇON ET COUSSINETS.	Façon de la ferrure et fourniture des coussinets spéciaux (prix à forfait).		610 00
3° CHARPENTE.	Pour le changement. . . 1st,294 Pour le croisement.. . . 1 106		
		2st,400 à 85f.	204 00
4° SABOTAGE ET POSE.	Sabotage du châssis. Transport et pose. .	. . . . .	110 00
		Total.	1440 58
	A ajouter la voie oblique entre l'aiguille et le croisement. Rails 57m,80 pesant. . . . . 2167k à 24f,00 520 00 Traverses sabotées. . . . . 18 à 9f,00 162 00 Pose. 58 00		740 00
		Total général.	2180 58
	A déduire les matériaux de la voie droite à l'emplacement du changement et du croisement évalués à environ.		180 58
		Reste.	2000 00

2° *Déviation à trois voies avec croisement simple sous l'angle de 7° 1/2 et croisement double sous l'angle de 5° 1/2.*

1° RAILS SPÉCIAUX.	Rails en fer ordinaire. . . 801k à 300f 240 30 — en fer de 1re qualité. 2231 à 380 847 78		1087 78
2° FAÇON ET COUSSINETS.	Façon de la ferrure et fourniture des coussinets spéciaux (prix à forfait).		1250 00
3° CHARPENTE.	Pour le changement.. . . . . 2st,162 Pour le croisement 7° 1/2. . . 1 344 Pour le croisem' double 5° 1/2. 1 694		
		5st,200 à 85f.. . .	442 00
4° SABOTAGE ET POSE.	Sabotage des châssis. . Transport et pose, etc.	. . . . .	200 00
		Total.	2979 78
	A ajouter les voies obliques entre le changement et le croisement double. Rails 82m pesant. . . . . 3075k à 24f 738 00 Traverses sabotées. . . . . 26 à 9f 234 00 Pose. 82 00		1054 00
		Total général.	4033 78
	A déduire les matériaux de la voie droite à l'emplacement du changement et des croisements évalués à.		333 78
		Reste.	3700 00

PRIX DI

D'UN MÈTRE COURANT DE CH

Nota. Un mètre de chemin à deux voies co

DÉSIGNATION des MATÉRIAUX et des MAINS-D'ŒUVRE.	DESCRIPTION DES MATÉRIAUX.							
	NOMBRE.	NATURE.	LONGUEUR		CUBE		POIDS	
			par unité.	à compter.	par unité.	à compter.	par unité.	à compter.
			m.	m.	m.	m.	kil.	kil
	»	Sable.	»	»	»	2, 50	»	»
		Gravier.	»	»	»	2, 40	»	»
BALLAST	»		»	»	»	2,145	»	»
		Sable. pierre cassée sur 24 kilom.	»	»	»	2, 00	»	»
TRAVERSES, SABOTAGE COMPRIS. Traverses de joints, sabotage	0c,222	0 09 chêne. 0,01 sapin ou hêtre préparé.	»	»	0,130	»	»	»
		Chêne.	»	»	0,130	»	»	»
	0 ,222	Chêne naturel.	»	»	0, 14	0, 03	»	»
	0 ,166		»	»	0,122	»	»	»
Traverses intermédiaires.	0 ,666	0,09 chêne. 0.01 sapin ou hêtre préparé.	»	»	0,100	»	»	»
		Chêne.	»	»	0,100	»	»	»
	0 ,667	*Id.*	»	»	0,105	0, 07	»	»
Traverses de joints et traverses intermédiaires	0 ,833	*Id.*	»	»	0,093	»	»	»
	1 , 11	*Id.*	»	»	0,105	»	»	»
COUSSINETS. Coussinets de joints	0c,444	Fonte.	»	»	»	»	12,50	[illegible]
	0 ,444	*Id.*	»	»	»	»	12.10	[illegible]
	0 ,333	*Id.*	»	»	»	»	10.50	[illegible]
Coussinets intermédiaires	1 ,333	*Id.*	»	»	»	»	10,40	[illegible]
	1 ,133	*Id.*	»	»	»	»	10,30	[illegible]
Coussinets de joints et coussinets intermédiaires	1 ,666	*Id.*	»	»	»	»	8,80	[illegible]
	2 , 22	*Id.*	»	»	»	»	»	[illegible]
CHEVILLETTES	3c.555	Fer.	»	»	»	»	0,333	[illegible]
	3 ,555	*Id.*	»	»	»	»	0.301	[illegible]
	4 ,000	*Id.*	»	»	»	»	0,300	[illegible]
	4 ,444	*Id.*	»	»	»	»	0,273	[illegible]
RAILS	»	Fer.	4m.50	2m,00	»	»	37.50	[illegible]
	»	*Id.*	4 ,50	2 ,00	»	»	37,50	[illegible]
	»	*Id.*	6 ,00	2 ,00	»	»	30.03	[illegible]
	»	*Id.*	4 ,50	2 ,00	»	»	30.00	[illegible]
COINS	1c.777	Chêne.	»	»	»	»	»	
	1 .778	*Id.*	»	»	»	»	»	
	2 ,000	*Id.*	»	»	»	»	»	
	2 , 22	*Id.*	»	»	»	»	»	

Total du prix des matériaux.....

Réception des matériaux, transport à pied d'œuvre, approche et pose ou emploi.....

Somme à valoir pour rechargement, entretien, etc.....

DÉPENSES TOTALES.....

EVIENT

I DE FER A SIMPLE VOIE.

ait exactement le double des prix ci-dessous.

QUANTITÉ.	PRIX DE L'UNITÉ.	PRIX DE REVIENT. — CHEMIN DE STRASBOURG ET EMBRANCHEMENTS. Ligne principale de Paris à Strasbourg.	Embranchement de Frouard à Sarrebruck.	Embranchement de Metz à Thionville.	Embranchement de Strasbourg à Wissembourg.	CHEMIN DE PARIS A ORLÉANS et embranchement de Corbeil[1].
. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.
,50	3 50	8 75	8 75	»	»	»
,40	1 50	»	»	3 60	»	»
,145	3 50	»	»	»	7 51	»
,00	3 81[2]	»	»	»	»	7 62
,222	8 45	1 87	»	»	»	»
,222	9 20	»	2 04	»	»	»
,03	44 00	»	»	1 36	»	»
,222	0 20					
,166	5 56	»	»	»	0 92	»
,666	6 80	4 53	»	»	»	»
,666	7 10	»	4 72	»	»	»
.07	44 00	»	»	3 21	»	»
,667	0 20					
,833	4 30	»	»	»	3 58	»
,11	7 99	»	»	»	»	8 87
,55	0 255	1 41	1 41	»	»	»
,37	0 16	»	»	0 86	»	»
.50	0 202	»	»	»	0 71	»
,86	0 255	3 53	3 53	»	»	»
,73	0 16	»	»	2 20	»	»
,66	0 202	»	»	»	2 96	»
,20	0 307	»	»	»	»	6 51
,18	0 50	0 59	0 59	»	»	»
,07	0 36	»	»	0 38	»	»
,20	0 485	»	»	»	0 58	»
,21	0 63	»	»	»	»	0 76
,00	0 35	26 25	26 25	»	»	»
,00	0 235	»	»	17 63	»	»
,06	0 26	»	»	»	15 62	»
.00	0 392	»	»	»	»	23 52
,78	0 10	0 18	0 18	»	»	»
,778	0 097	»	»	0 17	»	»
.00	0 09	»	»	»	0 18	»
.22	0 19	»	»	»	»	0 42
.....		47 11	47 47	29 41	32 06	47 70
.....		2 00	2 00	1 25	0 79	3 80[3]
.....		0 89	0 89	0 84	1 28[4]	1 12[4]
.....		50 00	50 36	31 50	34 13	52 62

OBSERVATIONS.

1. Résultats moyens du décompte définitif de premier établissement dressé en 1844 par M. Jullien, ingénieur en chef de la ligne.

2. Le prix moyen a été de 4 fr. 35 de Juvisy à Orléans, et seulement 2 fr. 14 de Paris à Corbeil.

3. Comprenant 1 franc 80 pour transport des rails, sabots, traverses, chevillettes et coins pesant 200 kilogr. par mètre courant de voie, des ports de livraisons aux chantiers de dépôt; et 2 fr. pour transports des matériaux des chantiers de dépôts à pied d'œuvre, pose provisoire d'une voie pour le transport du ballast par wagons, relèvements de cette voie et pose définitive de la seconde voie après le repandage du ballast, pose de différentes voies de service, transports de quelques terrassements et du ballast.

4. Pour frais de réception de matériaux, clôture, garde et surveillance des chantiers de dépôt, relèvement et entretien de la voie par suite des premiers terrassements pendant l'exécution des travaux.

5. Entretien pendant un an.

PRIX DE REVIENT

DES PLAQUES TOURNANTES EN FONTE ET EN TÔLE DE DIFFÉRENTS DIAMÈTRES.

Plaque en fonte de 3m,40. Modèle de l'Est.

		k.	fr.	k.	fr.	fr.
1° Fers et fontes.	Plateau mobile.	1,944				
	Pivot et accessoires. . .	51				
	Plateau fixe.	1,021		4,961 à	0,48	2,381 28
	Cuve.	967				
	Plaques de recouvrement.	725				
	Galets et accessoires. . .	253				
		m.	fr.		fr.	
2° Pose.	Fouille dans le ballast. .	7,54 à	0.60		4,52	
	— dans le sol. . . .	6,30 à	0,70		4,41	
	Ballast pour fondations, pilonnage et arrosage. .	6,30 à	6,00		37,80	
	Pose de la plaque, compris raccords, entourage en briques au pied de la cuve.	»	»		65,00	126 73
	Fourniture de briques. .	»	»		5,00	
	Coupe de rails.	8,00 à	1,25		10,00	
				Total.		2,508 01

Plaque en fonte de 4m,20. Modèle de l'Est.

		k.	fr.	k.	fr.	fr.
1° Fers et fontes.	Plateau mobile.	3,904				
	Pivot et accessoires. . . .	57				
	Plateau fixe.	2,180		9,432 à	0,48	4,527 36
	Cuve	1,760				
	Plaques de recouvrement.	990				
	Galets et accessoires. . .	541				
		m.	fr.		fr.	
2° Pose.	Fouille dans le ballast. .	11 à	0,60		6,60	
	— dans le sol. . . .	10 à	0,70		7,00	
	Ballast pour fondations, pilonnage et arrosage. .	10 à	6,00		60,00	
	Pose de la plaque, compris raccords et entourage en briques au pied de la cuve.	»	»		80,00	171 60
	Fourniture de briques. .	»	»		8,00	
	Coupe de rails.	8 à	1,25		10,00	
				Total.		4,698 96

Plaque de 11m,60, système Buddicom, des chemins de l'Est.

		fr.
1° Fers, fontes et bois.	Acquisition de la plaque (forfait).	15,600 00

		m. c.	fr.	fr.	fr.
				Report.	15,600 00
2° Fondation.	Massif général de béton.	150 à	18,00	2,700 00	5,500 00
	Pierre de taille, compris parements.	18 à	100,00	1,800 00	
	Mur de cuve, la fondation et le couronnement comptés dans les articles précédents.	40 à	25,00	1,000 00	
3° Plancher.	Plancher en bois de 0m,080 d'épaisseur.				650 00
4° Pose.	Pose de la plaque.				450 00
				Total.	22,200 00

Plaque en tôle et fonte de 4m,20. Modèle du Midi.

		k.	fr. c.	fr.	fr.
1° Fers et fontes.	Plateau supérieur fers à T.	1,161			
	Tôle.	353			
	Rails.	650			
		2,164 à	0,90	1,947 60	4,107 60
	Le reste de la plaque en fonte.	4,500 à	0,48	2,160 00	
2° Plancher en bois.	Plancher en bois de 0m,08.				200 00
3° Pose.	Comme pour la plaque en fonte de l'Est.				171 60
				Total.	4,479 20

Remarque. Les plaques de ce modèle sont en construction, l'essai n'en a pas encore été fait.

Plaque en fonte de 6m,00. Modèle de l'Est.

		k.	fr.	k.	fr.	fr.
1° Fers et fontes.	Plateau mobile.	5,746		12,435 à	0,48	5,968 80
	Pivot et accessoires. . .	59				
	Cercle de roulement et socle du pivot.	1,908				
	Cuve.	1,642				
	Plaques de recouvrement.	2,393				
	Galets et accessoires. . .	687				
2° Châssis.	Traverses de $\frac{0.16}{0.25}$.			7 à	6,00	42 00
				A reporter.		6,010 80

		m. c.	fr.	fr.	fr.
			Report.		6,010 80
2e Pose.	Fouille dans le ballast. .	38,50 à 0,60		23,10	
	— dans le sol. . . .	38,50 à 0,70		26,95	
	Ballast pour fondations, arrosage et pilonnage. .	38,50 à 6,00		231,00	
	Assemblage du châssis de support.			10,00	401 05
	Pose de la plaque, compris raccords et entourage en planches de chêne.			100,00	
	Coupe de rails.	8,00 à 1,25		10,00	
			Total.		6,411 85

Plaque en fonte de 11m,00. *Modèle de l'Est.*

		k.	fr.	m.	fr.	fr.
1e Fers et fontes.	Plateau mobile. . . .	12,198				
	Pivot et accessoires.	104				
	Cercle de roulement et support de pivot.	2,473		20.240 à 0,48		9,715 00
	Cuve.	2,843				
	Plaques de recouvrement en tôle. . . .	1,007				
	Galets et accessoires.	1,615				
2e Fondations.	Massif général de béton.	120 à	18,00		2,160 00	
	Pierre de taille, compris parements. . .	15 à	100,00		1,500 00	4,560 00
	Mur de cuve, la fondation et le couronnement comptés dans les articles précédents.	36 à	26,00		900 00	
4e Pose. 3e Plancher.	Plancher en bois de 0m,080 d'épaisseur.					600 00
	Pose de la plaque.					400 00
				Total.		15,275 00

Plaque en tôle et fonte de 4m,20. *Modèle du Nord.*

		k.	fr.	fr.	fr.
2e Pose. 1e Fers et fontes.	Plateau supérieur. . . .				
	Tôles.	2,312			
	Rails	476			
		2,788 à	0,90	2,509 20	
	Le reste de la plaque en fonte comme le modèle de l'Est.	5,528 à	0,48	2,653 44	5,162 64
	Comme pour la plaque en fonte de l'Est.				171 60
				Total.	5,334 24

SUR LES PRIX DE REVIENT DES DIVERS BATIMENTS, HALLES COUVERTES DE VOYAGEURS, HALLES DE MARCHANDISES, ETC.

INDICATION DES BATIMENTS, ETC.	DIMENSIONS. Longueur.	DIMENSIONS. Largeur.	SURFACES. Partielles.	SURFACES. Totales.	PRIX DE REVIENT. Partiels.	PRIX DE REVIENT. Par mètre carré.	OBSERVATIONS.
	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.	fr.	fr.	
Rotonde pour 14 locomotives, de 45m,00 de diamètre hors œuvre, à Épernay.....	»	»	»	1675,00	105 000	62 75	Y compris les fosses, mais sans pavage.
Id., à Nancy.....	»	»	»	*Id.*	90 000	55 30	*Id.*
Id., à Épernay.....	»	»	»	*Id.*	115 000	68 75	Y compris les fosses et le pavage.
Id., à Nancy.....	»	»	»	*Id.*	100 000	61 50	*Id.*
Id., à Épernay.....	»	»	»	*Id.*	148 000	88 35	Avec plaques tournantes, voies de fer.
Id., à Nancy.....	»	»	»	*Id.*	133 000	82 00	*Id.*
Nota. Dans les nouvelles rotondes à construire, on substituera aux colonnes en fonte à l'intérieur des poteaux en bois, et aux chéneaux des gouttières, ce qui apportera une reduction de 17 000 fr. sur la dépense totale; on aura donc, pour une rotonde à construire à Epernay, comprenant les plaques tournantes et les voies de fer.....					131 000	78 20	
Remise de locomotives en fer à cheval à la Villette...	»	»	»	1891,00	75 000	40 70	Avec fosses et sans pavage.
Diamètre extérieur..... 71m	»	»	»	*Id.*	87 000	46 00	Avec fosses et pavage.
Diamètre intérieur..... 38m	»	»	»	»	137 000	90 00	Avec plaque et voies.
Remise rectangulaire de locomotives à la Villette..	23	19	»	440,00	30 000	68 00	Avec fosses et sans pavage.
					33 000	75 00	Avec fosses et pavage.
					36 000	80 00	Avec fosses, pavage et voies de fer.
					18 000	40 00	Sans fosses ni voies de fer.
					68 000	57 00	Avec fosses, mais sans voies de fer.
Remise pour 16 machines, à Blesmes.....	»	»	»	»	80 000	67 00	Avec fosses et voies de fer dans l'intérieur.
					160 000	134 00	Avec fosses et voies de fer à l'intérieur et à l'extérieur, et plaque.
Remise de wagons à la Villette.....	»	»	»	»	»	35 00	Sans voies de fer.
Bâtiment des voyageurs de la gare de Paris	»	»	»	4375,00	1 631 700	372 96	
Halle couverte de Paris.....	150	30 00	»	4500,00	270 000	60 00	
Id. de Strasbourg.	102	34 00	»	3468.00	»	50 00	
Bâtiments des voyageurs, près Paris. Type n° 1....	»	»	»	360,00	»	200 00	
Id. n° 2....	»	»	»	265.00	»	180 00	
Id. n° 3....	»	»	»	212,00	»	175 00	
Id. n° 4....	»	»	»	154,00	»	175 00	

INDICATION DES BATIMENTS, ETC.	DIMENSIONS		SURFACES.		PRIX DE REVIENT.		OBSERVATIONS.
	Longueur.	Largeur.	Partielles.	Totales.	Partiels.	Par mètre carré.	
	mèt.	mèt.	mèt.	mèt.	fr.	fr.	
Lunéville	»	»	»	»	65 000	180 00	
Sarrebourg	»	»	»	»	43 000	162 00	
Commercy	»	»	»	»	27 000	102 00	
Varangeville	»	»	»	»	25 000	165 00	
Blainville	»	»	»	»	25 000	162 00	
Halle à marchandises — Type n° 1	5,50	17,50	»	96,25	»	32 00	Sans quai ni pavage.
Halle à marchandises — *Id.* n° 2	5,50	15,50	»	85,25	»	45 00	Avec quai et pavage.
Halle à marchandises — *Id.* n° 3	5,00	12,50	»	62,50	»		
Quai pour voyageurs	1,00	3,00	»	*a* 3,00	»	15 m c.	Le mètre courant avec le macadam en dépendant.
		4,00	»	4,00	»		
Quai pour marchandises	1,00	5,00	»	5,00	»	de 75 à 100 m c.	Le mètre courant avec le pavage en dépendant.
		6,50	»	*b* 6,50	»		
		8,00	»	8,00	»		
Pavillons de latrines. — Type n° 1	8,20	4,50	»	37,00	»	Prix moyen 250 f.	
Pavillons de latrines. — *Id.* n° 2	6,00	4,50	»	27.00	»		
Pavillons de latrines. — *Id.* n° 3	3,00	3,00	»	9,00	»		
Maisons de garde. — Type de l'État	8,00	5,70	»	45,60	4 000	87 70	Avec un second étage et cave.
Maisons de garde. — Type n° 1	6,80	3,70	25,16	46,04	2 700	58 70	Dispositions spéciales, sans cave.
	5.80	3,60	20,88				
Maisons de garde. — *Id.* n° 2	7.05	4,00	28,20	51,85	3 200	61 70	Dispositions spéciales, sans cave
	2.85	8,30	23,65				
Maisons de garde. — *Id.* n° 3	8,70	5,45	47,41	54,55	2 700	49 50	Avec un cellier et un four, sans cave.
	4,20	1,70	7,14				
Réservoir — rectangulaire.	8,70	4,70	»	41,00	10 250	250 00	Pour les maçonneries et la couverture, y compris cheminée.
Réservoir — circulaire	8,60	»	»	60,00	12 000	200 00	Pr les maçonneries, sans couverture ni cheminée.
Bâtiments divers des ateliers de la Villette.							
Grande remise de voitures avec fenêtres en fonte	»	»	»	6500,00	246 465	38 00	Sans pavage ni voies.
Bâtiments pour ateliers	100,00	14,00	»	1400,00	91 000	65 00	
Id. pour forges	50,00	10,00	»	500,00	22 500	45 00	
Id. pour logement de chef de dépôt	24,00	10,00	»	240,00	60 000	250 00	
Id. pour pavillon de concierge	»	»	»	48,00	12 000	250 00	
Bâtiments divers des ateliers d'Épernay.							
Remise de voitures	»	»	»	»	»	33 90	
Bâtiments pour forges	100,00	20,00	»	2000,00	91 000	47 00	
Id. de chaudronnerie.	70,00	20.00	»	1400,00	63 000	45 00	
Id. pour atelier de montage	136,00	30,00	4080	6680,00	»	43 00	Sans pavage ni voies.
	100,00	26.00	2600				
Id. pour tours et ajustages	130,00	24,00	»	3120,00	140 000	45 00	Bâtiment primitif.
Deux pavillons avec magasin	40,00	24,00	960,00	1920,00	183 000	95 00	Avec un second étage, mais sans les distributions.
	40,00	24,00	960,00				
Pavillon de concierge	9,00	9,00	»	81,00	»	100 00	
Hangar pour magasin à bois.	40,00	24,00	»	960,00	31 600	33 00	
Buffets. — Type n° 1	»	»	»	350,00	56 000	160 00	
Buffets. — *Id.* n° 2	»	»	»	280,00	42 000	150 00	

ab. Ces prix seraient approximativement les mêmes pour une largeur un peu plus ou un peu moins grande. L'établissement des murs d'appui avec couronnement en pierre de taille, étant le même pour toutes les largeurs de quais, et formant la base de cette dépense de construction.

Pour se rendre un compte exact des prix donnés dans le tableau précédent, il est nécessaire de connaître les éléments de la série sur laquelle les travaux ont été exécutés.

Pour la rotonde d'Épernay, construite à peu près entièrement en meulière et pierre de taille, on a payé la maçonnerie de meulière de 20 à 21 francs le mètre cube; la charpente en chêne, 112 fr. 50; celle en sapin, 90 fr.; les légers ouvrages de maçonnerie, 3 fr. 20 le mètre superficiel; les colonnes en fonte, 50 fr. le quintal métrique. La remise en fer à cheval de la Villette a été exécutée en 1848, à des prix fort inférieurs. Elle n'a coûté réellement que 58 000 fr.; mais le prix de 75 000 fr.[1] que nous avons indiqué est celui que nous avons trouvé en appliquant une série de prix semblable à celle d'Épernay, le prix de cette remise est donc comparable à celui de la rotonde.

La remise rectangulaire de locomotives à Blesmes, a été construite à des prix de 6 à 7 pour 100 inférieurs à ceux de la série d'Épernay.

Les bâtiments de la gare de Paris ont été exécutés sur des séries de prix différant peu de la série de prix indiquée pour les travaux de la remise en fer à cheval de la gare de Strasbourg.

Pour établir les devis des maisons de garde, construites en grande partie dans des pays où les matériaux s'obtiennent à bon marché, on a employé une série dont les prix sont sensiblement plus faibles que ceux de la série d'Épernay. Ainsi, dans cette série, le mètre cube de mur en moellons est estimé 13 fr. 80; le mètre cube de pierre de taille de roche, 55 fr. 20; le mètre cube de charpente en chêne sans assemblage, 73 fr. 60; de charpente en sapin assemblée, 55 fr. 20; le mètre superficiel de couverture en tuiles, 2 fr. 75; le mètre superficiel de croisées en chêne, 8 fr. 50.

Pour les réservoirs, on trouvera plus loin un détail estimatif indiquant le prix élémentaire.

Les ateliers de la Villette ont été construits aux prix de la série Morel, pour 1853, pour la maçonnerie, diminués de 10 pour 100 et aux prix de la série d'Épernay pour la charpente.

Les prix de la série Morel ne diffèrent pas beaucoup des prix de la série d'Épernay, la couverture en zinc établie dans un moment où le

1. La série de prix des ponts et chaussées pour les travaux auprès de Paris diffère peu de celle dont on s'est servi pour l'exécution des travaux d'Épernay. La charpente en chêne toutefois est cotée à Paris 132 fr. le mètre cube et à Épernay 112 fr. Nous avons eu égard à cette différence.

zinc avait considérablement augmenté de prix, a coûté 7 fr. 50 le mètre superficiel.

Tous les bâtiments d'Épernay ont été exécutés aux prix de la série ci-dessus mentionnée.

Les matériaux se trouvant en grande abondance aux environs de Bar-le-Duc, la maçonnerie du buffet établi près de la station de cette ville a été exécutée à des prix très-faibles. C'est pourquoi on l'a construit presque entièrement en pierre de taille. A Château-Thierry, où les prix sont à peu près les mêmes qu'à Épernay, un buffet semblable à celui de Bar-le-Duc, établi en moellons, briques et pierres, coûtera 171 fr. le mètre superficiel, au lieu de 157 fr.

Les bâtiments de stations ont généralement 1° un bâtiment central composé d'un rez-de-chaussée élevé en partie sur cave et d'un 1er étage sous comble, formant grenier au milieu ; 2° de deux ailes élevées sur terre-plein n'ayant qu'un rez-de-chaussée sous comble perdu. On compte que le bâtiment central coûte de 240 à 260 fr. ; le mètre superficiel et les ailes de 150 à 175 fr. ; les prix des principaux ouvrages étant comptés comme suit :

Le mètre de briques pour massifs et murs, 45 fr. ; le mètre cube de moellons hourdé avec mortier de chaux et de sable, pour murs, 14 fr. ; le mètre cube de pierres de taille tendre, 60 fr. ; et de pierre dure, 90 fr. ; le mètre cube de bois de chêne assemblé brut pour planchers et pans de bois, 85 fr. ; de bois de sapin, 75 fr. ; le mètre superficiel de couverture en ardoise ou en tuile de 3 fr. 75 à 4 fr. ; de couverture en zinc, n° 14, 6 fr. ; les gros fers pour chaînes, tirants, harpons, etc., les 100 kilos, 55 fr. La peinture à l'huile, une couche, le mètre superficiel, 30 centimes ; huile, deux couches, 55 cent. ; huile, trois couches, 75 cent.

PRIX

DU MÈTRE CARRÉ DES BATIMENTS DE PLUSIEURS CHEMINS DE FER.

Chemin de fer du Nord.

Bâtiments à 1 étage	250 fr.	»
Bâtiments à rez-de-chaussée	150	»
Halles de marchandises	55	»
Quais découverts	8	»
Remises de voitures	50	»
Par voiture	1,550	»
Dépôts de locomotives, par machine	12,000	»

Gare de Clermont-Ferrand.

Bâtiments à 1 étage	213 fr.	»
Bâtiments à rez-de-chaussée	113	»
Bâtiments des voyageurs, en moyenne	126	»
Halle couverte	57	35
Trottoirs	8	76
Halle aux marchandises	61	58
Quais découverts	9	30
Remises de voitures	46	65
Par voiture	1,370	»
Dépôt des locomotives	66	13
Par machine	12,476	»

Gare de Saint-Germain-des-Fossés.

Halle aux marchandises	65 fr.	»
Remises des voitures	73	»
Par voiture	2,191	»
Dépôt des locomotives, par machine	14,000	»

Gare du Guétin.

Remise des voitures, par voiture	1,437 fr.	»
Dépôt des locomotives, par machine	12,000	»

Stations d'Alsace (3e classe).

Brumath, Vendenheim, Hochfelden, etc.

Les bâtiments, en moyenne	149 fr.	»

Tout en maçonnerie et belle pierre de taille.

Gare de Limoges.

Estimation :

Halle couverte	50 fr.	»
Trottoirs des voyageurs	15	»
Halles aux marchandises	61	»
Quais découverts des marchandises	8	»
Remises des voitures	50	»
Dépôt des locomotives, par machine	10,000	»

(Extrait des nouvelles annales de la construction.)

DES PRIX APPROXIMATIFS D'ÉTABLISSEMENT PAR MÈTR

NATURE DES CONSTRUCTIONS.	1er. GARES DE TÊTE DE LIGNE. PARIS et LA CHAPELLE.		2e. GARES D'EMBRANCHEMENT PRINCIPAL. AMIENS et LILLE.		3e. GARES DE TÊTE DE LIGNE. DUNKERQUE et CALAIS.	
	Surface.	Prix par mètre superficiel.	Surface.	Prix par mètre superficiel.	Surface.	Prix par mètre superficiel.
	m.	fr. c.	m.	fr. c.	m.	fr. c.
[1] Bâtiment principal { des voyageurs. des employés..	5000	300 »	5450	200 »	1300	200 »
Halles couvertes.	6000	66 66	4200	71 43	1400	57 15
Marquises.	»	»	»	»	»	»
[2] Halles à marchandises.	12 600	55 55	6240	56 10	1360	58 80
[4] Latrines.	»	»	»	»	»	»
[5] Dépôts { compris ateliers et magasins.	14 278	126 10	4268	128 85	682	95 30
sans ateliers.	»	»	»	»	»	»
[6] Remises de wagons { avec ateliers de réparations. . . .	10 000	50 »	3321	82 80	»	»
sans ateliers.	»	»	»	»	»	45 »
Réservoirs.	160	200 »	160	200 »	160	200 »
Quais de voitures { à 2 quais. . . .	2000	8 »	2130	8	»	»
à 1 quai.	»	»	»	»	1000	»
Quais de voyageurs.	2200	8 »	2500	8	1000	»

1. Paris, Amiens, Calais, Creil, Arras, Douai, Compiègne, Chauny, Francouville, Saint-Just, Boves, Armentières.
2. Lille, Calais, Douai, Saint-Quentin.
3. La Chapelle, Lille, Dunkerque.
4. Compiègne.
5. La Chapelle, Amiens, Dunkerque, Noyon.
6. La Chapelle, Amiens, Dunkerque, Hazebrouck.

ARRÉ DES STATIONS DE LA Cie DES CHEMINS DE FER DU NORD.

4°. STATIONS N° 1. CREIL, ARRAS, DOUAI.		5°. STATIONS N° 2. Pontoise, Compiègne, Noyon, Chauny, Clermont, Breteuil, Albert, Saint-Omer.		6°. STATIONS N° 3. Francouville, Beaumont, Pont Saint-Maxence, Saint-Just, Achiet, Armentières, Bergues, Andrieux, etc.		7°. STATIONS N° 4. Thourotte, Apilly, Ourscamp, Boileux, Raulx, Vitry, Laforet, Perenchies, etc.	
Surface.	Prix par mètre superficiel.	Surface.	Prix par mètre superficiel.	Surface.	Prix par mètre superficiel.	Surface.	Prix par mètre superficiel.
m.	fr. c.	m.	fr. c.	m.	fr. c.	m.	fr. c.
680	150 »	145	172 »	102	100	84	100 »
	220 »	100	250 »	168	100	»	»
1000	55 »	»	»	»	»	»	»
»	»	210	47 60	105	47 60	»	»
880	56 80	520	57 70	320	62 50	»	»
40	250 »	36	139 »	30	83 »	»	»
»	»	»	»	»	»	»	»
375	93 33	187	96 25	»	»	»	»
»	»	»	»	»	»	»	»
375	53 33	187	53 45	»	»	»	»
130	200 »	130	200 »	»	»	»	»
»	»	»	»	»	»	»	»
1000	a	1000	a	»	»	»	»
1000	a	800	a	1150	a	1100	a

a. NOTA. Le prix moyen des quais pavés ou dallés, est de 8 fr. par mètre.

PRIX

DES DIFFÉRENTS TRAVAUX D'ART EXÉCUTÉS SUR LA LIGNE DE PARIS A STRASBOURG.

Sur le chemin de Strasbourg, dans la partie comprise entre Paris et les bois de Meaux, 56 ponts et passerelles, sur ou sous routes et chemins, ont coûté 2 580 664 francs, soit par pont environ. . . . . 46 083 fr.

7 ponts de 2 arches au plus sur cours d'eau ont coûté 654 921 francs, soit par pont. 93 560

26 ponceaux ou aqueducs, de 5 mètres d'ouverture au plus, ont coûté 311 165 francs, soit par ponceau ou aqueduc. 11 960

22 passages à niveau, la dépense ne comprenant que celle du pavage et des barrières, ont coûté 37 662 francs, soit par passage à niveau. 1 712

21 maisons de garde ont coûté 101 981 francs, soit par maison de garde. 4 856

3 grands ponts sur la Marne ont coûté 1 432 820 francs, soit par pont.. . . . . 477 606

Sur le même chemin, entre Meaux et Château-Thierry, on a payé pour l'établissement de 72 ponts et passerelles sur ou sous routes et chemins, 1 275 157 francs, soit par unité. 17 710

10 ponts de 2 arches au plus sur cours d'eau, 309 945 francs, soit.. . . . . 30 994

153 ponceaux, aqueducs, etc., de 5 mètres d'ouverture au plus, 749 083 francs, soit. 4 896

54 passages à niveau, la dépense ne comprenant que celle pour les barrières et pour le pavage, 48 039 francs, soit.. . . . 889

43 maisons de garde, 205 104 francs, soit. 4 769

12 grands ponts, 1 897 760 francs, soit par unité.. . . . . 158 147

Le grand pont en maçonnerie d'Armentières, de 4 arches, long de 106 mètres 50 cent., 429 655 francs, soit par mètre. . . 4 034

Celui du Saussoy, de 4 arches, long de 98 mètres 60 cent., 265 658 francs, soit par mètre.. . . . . 2 694

Celui de Courcelles, 4 arches, long de 97 mètres, 280 000 fr., soit par mètre.. . . . . 2 886

Celui de Nanteuil, 5 arches, long de 96 mètres 92 cent., 296 591 francs, soit par mètre.. . . . . 3 060

Celui de Vitry, de 5 arches, long de 90 mètres 72 cent., 167 000 francs, soit par mètre. 1 840

Un grand pont suspendu sur la Marne et le chemin de fer à Dormans, long de 112 mètres, 105 278 francs, soit par mètre. . 935

Le prix élevé des ponts, passerelles et passages à niveau, sur la première partie du chemin de Strasbourg, comprise entre Paris et Meaux, tient à celui de la main d'œuvre près de Paris, à l'importance de ces ouvrages, au passage des grandes routes dans le voisinage de la capitale.

Les maisons de gardes sont revenues à un prix considérable, par suite de leurs dimensions. Celles en construction aujourd'hui pour le chemin de Mulhouse ne coûteront pas au delà de 2700 francs (voir le devis, plus loin).

Pour qu'on puisse se rendre un compte plus exact des dépenses faites pour les ouvrages d'art, nous donnons un extrait de la série de prix adoptés pour l'exécution de ces ouvrages dans la première division du chemin de Strasbourg, avec les rabais faits sur ces devis.

Les prix, dans la seconde division, sont d'environ un cinquième plus faibles.

EXTRAIT

DES SÉRIES DE PRIX DE LA PREMIÈRE SECTION DU CHEMIN DE FER DE PARIS A STRASBOURG.

NATURE DES MATÉRIAUX.	1er LOT entre la rue Chabrol dans Paris et les fortifications.	2e LOT entre la route impériale n° 34 à Chelles et Lagny.	3e LOT entre Lagny et la tranchée d'Isles-lès-Villenoy.
	fr.	fr.	fr.
Mètre cube de béton, compris emploi	21 82	12 76	»
id. *id.* *id.* avec pouzzolane	24 18	15 57	15 56
id. de maçonnerie de silex et mortier hydraulique pour fondations	22 21	12 69	14 77
id. de maçonnerie de silex et mortier hydraulique au-dessus des fondations	23 00	13 29	15 57
id. de maçonnerie de pierre de taille	111 83	107 31	94 47
id. de perrés en silex ou meulière à joints incertains	14 45	7 16	8 44
id. de perrés en silex ou meulière par assises réglées	18 13	9 75	10 80
id. de maçonnerie de meulière, de 0m35 de queue moyenne, tout compris	»	»	40 78
id. de maçonnerie de meulière, de 0m50 de queue moyenne, tout compris	»	»	61 78
Mètre superficiel de parements vus de meulière smillée.	2 07	1 58	1 80
id. *id.* *id.* piquée.	12 90	11 25	10 59
id. *id.* de pierre de taille bouchardée (droite)	8 70	7 20	5 60
id. *id.* (courbe)	17 40	14 40	11 20
id. de chape en béton avec couche de mortier hydraulique	3 10	3 25	2 66
id. de chape en bitume de 0m012 d'épaisseur	5 80	3 80	5 80
Mètre cube de bois de chêne neuf en grume pour pieux.	98 00	80 00	100 00
id. *id.* équarri	116 00	104 00	118 00
id. *id.* sans assemblages	128 44	113 73	125 35
id. *id.* avec assemblages et travaillés sur les faces	163 04	148 33	157 95
id. *id.* loue pour cintres en premier emploi	83 47	65 14	96 31
id. *id.* en réemploi	14 80	13 86	14 18
Rabais des adjudications, à déduire des prix ci-dessus	7 fr. 10 p. 100	Rabais nul	5 fr. 60 p. 100

DES DÉPENSES FAITES POUR L'ÉTABLISSEMENT DES DIVERS SOUTERRAIN

DÉSIGNATION des SOUTERRAINS.	LONGUEURS.	MONTANT DES DÉPENSES totales.	MONTANT DES DÉPENSES par mètre courant.	TERRASSEMENTS. Cube total.	TERRASSEMENTS. Dépense totale.	TERRASSEMENTS. Cube par mètre courant.	TERRASSEMENTS. Prix par mètre cube.	TERRASSEMENTS. Prix moyen par mètre courant.
	m.	fr. c.	fr. c.	m³.	fr. c.	m³.	fr. c.	fr.
SOUTERRAINS de Chalifert...	168,36	368 634 13	2190 »	»	70 370 97	»	»	418 [illegible]
d'Armentières.	656.	1 038 294 22	1582 69	53 276,80	216 846 15	81,21	4 05	325 [illegible]
de Nanteuil....	944.	1 556 152 87	1648 47	72 551,20	274 600 »	76,86	3 78	290 [illegible]
de Chézy.....	452,80	1 034 688 93	2285 09	40 389,58	106 805 18	89,20	2 64	235 [illegible]
de Pagny.....	571,66	737 002 88	1289 23	36 684,24	288 281 59	64,16	7 85	504 [illegible]
de Foug.....	1121,97	1 543 226 65	1396 49	69 298.	472 731 34	61,76	6 82	422 [illegible]
d'Arschwiller..	2678,26	2 612 467 43	975 43	157 629,40	1 239 039 89	46,12	7 86	462 [illegible]
d'Hoffmühlh....	247,47	253 403 30	1024 46	14 799,77	129 801 91	59,80	8 77	524 [illegible]
de Lutzelbourg.	439,25	377 163 32	858 65	24 105,35	198 919 98	54,77	8 24	452 [illegible]
n° 1. Bas-Rhin.	399,70	278 282 »	707 »	17 004	140 144 68	42,54	8 24	353 [illegible]
n° 2. *Id.*...	493,20	362 945 »	739 »	19 554.	179 548 21	39,65	9 18	368 [illegible]
n° 3. *Id.*...	305,70	243 869 »	831 »	14 086.	»	46,10	8 63	403 [illegible]
de Rilly sur l'embranc. de Reims.....	»	»	720 à 750	»	»	53 à 70	»	»

NOTA. — Il nous a été impossible de nous procurer le détail du prix d'établissemen[illegible] [illegible] avons pu recueillir de renseignements.

DE LA LIGNE DE STRASBOURG ET DE L'EMBRANCHEMENT DE REIMS.

MAÇONNERIE.					BOISAGE.		DÉPENSES DIVERSES	
Cube total.	Dépense totale.	Cube moyen par mètre courant.	Prix moyen par mètre cube.	Prix moyen par mètre courant.	Dépense totale.	Prix moyen par mètre courant.	totales.	par mètre courant.
m³.	fr. c.	m³.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.
»	143 576 96	»	»	854 62	146 271 44	868 80	8 414 76	50 »
18 976,95	490 626 82	28,92	25 85	747 91	206 134 50	229 98	123 635 75	188 47
27 118,30	677 794 »	28,72	25 »	718 01	280 500 »	297 14	283 252 87	342 43
18 263,93	497 278 52	40,33	27 28	1 098 23	388 088 18	724 57	102 517 05	226 41
14 946,32	379 860 90	26,15	25 43	664 49	58 901 19	103 03	9 116 04	15 95
24 914,31	609 600 89	22,20	24 46	547 27	124 026 31	110 93	336 868 11	315 44
29 169,75	680 656 54	10,90	23 33	254 16	»	»	692 721 »	258 67
»	110 790 04	»	»	447 64	9 706 68	39 20	3 195 27	12 50
»	161 690 25	»	»	367 47	6 677 01	15 16	9 876 8	22 45
»	»	21,81	13 80	290 07	21 366 29	53 63	»	12 82
»	»	17.	17 44	296 39	»	62 47	»	16 97
»	»	19,87	16 12	319 95	»	58 86	»	48 22
»	»	»	»	»	»	»	»	»

souterrain de Rilly. Nous ne donnons que le prix par mètre courant; c'est tout ce que nous

ET DURÉE DE LA CONSTRUCTION DE QUELQUES TUNNELS. (EXTRAIT DE

NOMS DES TUNNELS.	LOCALITÉS.	DATES de l'ouverture des travaux.	DURÉE de l'exécution.	LONGUEUR totale.
			ans. m.	m
Terre-Noire.	R. Lyon à Saint-Étienne..	1826	3	1500
Cumptich	R. Louvain.	1835	2	925
Braine-le-Comte.	R. Belge.	»	»	641
Boratte.	R. Rhenan en Belgique. . .	»	»	»
Kilsby.	R. Londres à Birmingham.	1834	4	2204
Bleekingley.	R. Londres à Douvres. . . .	1840	2	1210
Saltwood.	*Id.*	1842		872
White-Hall.	R. Exeter.	»	»	»
Great-Western.	R. Great-Western	»	»	»
Batignolles.	R. Saint-Germain.	1837	1,6	333
Montretout.	R. Versailles.	1838	1,1	163
Saint-Cloud.	*Id.*	1837	1,3	504
Dix-huit-Tunnels.	R. Liége à Aix-la-Chapelle.	»	»	»
Rolleboise.	R. Rouen.	1841	2	2612
Roule.	*Id.*	1841	1.8	1720
Venables.	*Id.*	1841	1,8	265
Tourville.	*Id.*	1841	1,6	465
Sainte-Catherine.	R. de Havre.	1844	»	105
Rue Percée.	*Id.*	»	»	80
Boulingrin.	*Id.*	»	»	1460
Cimetière-Saint-Maur. . .	*Id.*	»	»	1134
Mont Riboudet.	*Id.*	»	»	360
Pissy-Poville.	*Id.*	»	»	22 0
Pissy-Poville.	*Id.*	»	»	200
Le Banage.	*Id.*	»	»	160

L'OUVRAGE DE M. TONY FONTENAY. — *Construction des tunnels.*)

PROFONDEUR maxima des puits.	DÉPENSE approximative par mètre.	NATURE du TERRAIN.	OBSERVATIONS.
m.	fr.		
84	799	Schistes et grès houillers.	
29	850	Sable boulant et argile, eau.	Ce tunnel s'est écroulé le 21 janvier 1845, sur 30m de longueur, à 80m de son origine.
»	1200	. . . . .	Construit dans un sol difficile et revêtu de maçonnerie de brique, même au radier.
»	1700		
50	3410	Terre, sable, beaucoup d'eau.	
28	1992	Argile bleue wealdienne, très-dure, sable avec beaucoup d'eau.	Le radier est revêtu en maçonnerie; ce tunnel a été construit à l'aide de 12 puits.
29	3664	Sable vert, beaucoup d'eau.	*Id.*
»	1451	. . . . .	La largeur de chacun de ces tunnels est comprise entre 6 et 8 mètres.
»	2709	. . . . .	
18	2380	Gypse, sable marne, sans eau.	
10	2071	Marne, grès, sable boulant, peu d'eau.	
»	2180	Marne verte, gypse, eau.	
»	1250	. . . . .	Revêtus de une à quatre épaisseurs de briques.
87	1105	Craie dure et silex, peu d'eau.	
55	1105	Craie dure et silex, peu d'eau.	
30	1105	Peu d'eau, craie, argile et silex.	
32	1105	*Id.*	
131	1000 à 1200	Craie glauconnieuse mélangée de bancs silicieux et de rognons de silex, beaucoup d'eau.	En courbe de 750m de rayon sur la moitié de la longueur.
16	*Id.*	Même terrain, peu d'eau.	En courbe de 950m de rayon.
21	*Id.*	*Id.*	En courbe de 1600m de rayon sur 500m de long en rampe de 0m,00535.
27	*Id.*	*Id.*	En rampe de 0m,00535.
26	*Id.*	*Id.*	En courbe de 800m de rayon et en rampe de 0m,0053.
66	*Id.*	*Id.*	En rampe de 0m,005.
28	*Id.*	*Id.*	En courbe de 1200m de rayon et en rampe de 0m,005.
p. de puits.	*Id.*	*Id.*	En courbe de 1000m de rayon et en rayon de 0m,0055.

INDIQUANT LES DIMENSIONS ET LE MONTANT DE LA DÉPENSE

(*Extrait de l'ouvrage de* M. TONY FONTENAY.

DÉSIGNATION DES VIADUCS.	NATURE DES MATÉRIAUX.	LONGUEUR TOTALE.	HAUTEUR MAXIMA.	HAUTEUR MOYENNE.	SURFACE DE L'ÉLÉVATION, VIDES ET PLEINS CONFONDUS.	FORME des ARCHES.
		mét.	mét.	mét.	m. c.	
Viaduc de l'Indre.....	Pierre et moellon.	751,00	22,15	21,00	15,771	Plein cintre.
Viaduc de Barentin.....	Brique.	482,40	32.85	26,75	12,904	*id.*
Viaduc de Brunoy.....	Meulière et pierre.	376.00	25,00	23.50	8.836	*id.*
Viaduc de la Manse.....	Moellon et pierre.	303,00	34.00	27,50	8.190	*id.*
Viaduc d'Arles...	*id.*	770.00	8.50	8.50	6.445	Elliptique.
Viaduc de Maintenon.....	Meulière et pierre.	321,50	18.70	18.00	5.787	Plein cintre.
Viaduc de Saint-Chamas..	Moellon et pierre.	385,00	22.60	13.70	5,274	Ogive.
Viaduc de Saint-Germain.	Moellon et meulière	250,00	23,50	20,25	5,062	Plein cintre.
Viaduc de Beaugency.....	Moellon et pierre.	278.00	17.70	15 25	4.239	*id.*
Viaduc de Tavers.....	*id.*	141,00	19,00	17.50	2,473	*id.*
Viaduc de Stockport.....	Brique et un peu de pierre.	546,56	32,33	27,45	15,003	*id.*
Viaduc de Dane.....	Brique.	523,68	8.00	27,00	14.139	Elliptique.
Viaduc de Dutton.....	Pierre.	391,62	21.00	25,62	10 035	Plein cintre.
Viaduc de Wharncliffe...	Brique.	273,00	46.00	25,40	6.934	*id.*
Viaduc de Bollin.....	*id.*	192,15	10,00	20,11	3,864	Arc de cercle.
Viaduc d'Anker.....	Pierre avec voûtes en briques.	249,18	10,00	13,72	3,419	*id.*
Viaduc de l'Avon.....	Brique.	219,60	10,00	15,55	3,415	Elliptique.
Pont tubulaire de Menai placé ici comme point de comparaison.....	Deux tubes en tôle et posés à côté l'un de l'autre sur 3 piles et 2 culées en pierre.	561,50	35,00	33,00	18,530	Plate.
Viaduc de la vallée de la Goltzsch, en Saxe.....	Brique.	579,30	80,37	47,00	27,227	Arc de cercle.
Viaduc de la vallée de l'Elster, en Saxe.....	*id.*	260,57	69,75	40,50	10,553	Arc surhaussé.
Viaduc de Boberthal, en Silésie.....	Moellon et pierre de taille.	488,30	23,00	21,00	10,254	Elliptique et plein cintre.
Viaduc de Gorlitz en Silésie.....	Granit-rose.	469,76	35,15	21,70	10,194	Plein cintre.
Viaduc de Joanisbach, en Prusse.....	Moellon piqué.	380,00	21,30	19,80	7,524	*id.*
Viaduc du Guenlthal, en Prusse.....	Brique.	206,48	36,70	32,00	6,608	*id.*
Viaduc de Bachthal, en Saxe.	Moellon smillé.	221,00	18,00	17,00	3,757	*id.*
Viaduc de Spreethal, en Saxe.....	*id.*	225,75	20,40	15,00	3,386	*id.*
Viaduc des lagunes de Venise.....	Pierre de taille, moellon et brique.	3598,00	5,60	5,60	20,149	Arc de cercle.
Viaduc de Thomas, en Amérique.....	Pierre à la manière rustique.	214,72	20,13	20,13	4,322	Plein cintre.

E QUELQUES VIADUCS FRANÇAIS ET ÉTRANGERS.

- *Construction des viaducs.*)

NOMBRE DES ARCHES.	OUVERTURE des ARCHES.	PRIX DU MÈTRE CARRÉ d'élévation vides et pleins confondus.	DÉPENSES TOTALES.	DATE DE LA CONSTRUCTION.	NOMS des INGÉNIEURS.	OBSERVATIONS.
	mètres.	fr.	fr.			NOTA. Dans les viaducs en courbe la section horizontale des piles a ordinairement la forme d'un trapèze. C'est l'épaisseur moyenne qui est indiquée dans ce tableau.
59	9,80	127 48	2010500[1]	1847—1848	Beaudemoulin et Morandière[4].	1. Cette dépense sera certainement dépassée à la fin des travaux.
27	15,00	116 25	1500000	1844—1846	J. Locke[5].	
28	10,00	169 38	1500000	1846—1847	Beaudemoulin et Morandière.	2. En courbe d'un rayon de 800 mètres.
15	15,00	148 19	1239700	1847—1848	*id*[4].	3. Fondé sur 3000 pieux.
31	21,00	310 32	2000000	1847		
32	8,25	145 73	843360	1847—1848	*id*[4].	4. En courbe.
49	6,00	149 79	790000	1847—1848		
20	10,00	85 94	435028	1845	E. Flachat.	5. En courbe d'un rayon de 1000 mètres fondé sur 1200 pieux.
25	8,40	156 88	665000	1850	Foulon et Thoyot.	
12	8,40	111 20	275000	1850	*id*[4].	
22	19,81	121 14	1817500			6. La hauteur est comptée jusqu'au niveau supérieur des bahuts des culées. La longueur totale d'un tube est de 460m,25 et son poids total est de 5 352 475 kilogrammes, savoir : fer 4 753 242 kilog., voie de fer 83 283 kilogr. Le poids total de deux tubes est de 10 704 950 kilogr. L'épaisseur de la tôle varie de 11 à 19 millimètres. Il n'y a de la fonte qu'au-dessus des piles et des culées. Ce pont a coûté 15 046 625 f. y compris la valeur du matériel employé à la construction et 100 000 f. dépensés à faire des expériences. Le prix de revient du kilogramme de tube mis en place est de 0 fr. 841.
23	19,81	95 48	1350000			
20	18,30	132 29	1327575			
8	21,35	198 29	1375000			
11	14,94	92 91	359000			
1	18,30	128 87	440625			
11	15,25	111 71	381475			
2	140,30	812 01			R. Stéphenson[6].	
2	100,65					
10	11,90	249 32	6788480	1846—1851		
2	28,33 et 26,63	269 69	2846038	1846—1851		
35	6,00 à 20m,00	146 30				
6	18,83	225 50				
28	12,24	225 50	1875000			
13	9,41	181 75	1200000	1841—1843		
17	9,55					
11	17,00	112 91		1844—1845		
5	17,00	98 55	333701	1845—1846		
10	8,50					
10	10,16	223 34		1841—1846	Miladi.	
8	17,79	159 80		1849	Latrobe.	

DE PASSAGE A NIVEAU. TYPE N° 1.

AVANT MÉTRÉ.

DÉSIGNATION DES OUVRAGES, PARTIES D'OUVRAGES ET INDICATION DE LEUR NATURE.	NOMBRE de pièces ou parties semblables.	DIMENSIONS réduites. Longueur pour chacune ou ensemble.	Largeur.	SURFACES auxiliaires.	définitives.	HAUTEUR OU ÉPAISSEUR.	CUBES auxiliaires.	définitifs.	POIDS.
								m. c.	
§ 1. *Terrassements.*									
Déblais en rigole pour fondation jetés sur berge et transportés à la brouette à un relai.									
Les murs en fondation. . .	1	27 34	0 80	»	»	0 32	6 999	7,359	»
	1	7 20	0 25	»	»	0 20	0 360		
La fouille du fournil. . . .	1	0 60	1 50	»	»	2 30		2,070	»
La fouille pour massifs. . .	1	1 75	0 50	»	»	0 40	0 350	0,870	»
	1	1 20	0 50	»	»	0 40	0 240		
	1	1 00	0 70	»	»	0 40	0 280		
Cube total des terrassements.	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	10299	»
§ 2. *Maçonneries.*									
1° Maçonnerie de moellons bruts hourdée en mortier de chaux hydraulique.									
Les murs en fondation. . .	1	27 34	0 80	»	»	0 32	6 999	7,359	»
	1	7 20	0 25	»	»	0 20	0 360		
Les murs en élévation. . .	1	27 34	3 90	»	»	0 32	34120	36,856	»
	1	7 20	1 90	»	»	0 20	2 736		
Les pignons.	2	5 45	0 55	»	»	0 32	1 918	2,188	»
	2	1 50	0 45	»	»	0 20	0 270		
								46403	»
A déduire :									
Face latérale { baie. . . .	2	1 40	0 75	»	»	0 32	0 672	»	»
Face latérale { fausse baie	1	1 40	0 75	»	»	0 20	0 210	»	»
Face opposée. baies.	2	1 40	0 75	»	»	0 32	0 672	»	»
	1	1 60	1 00	»	»	0 20	0 320	»	»
	1	2 00	0 65	»	»	0 32	0 416	»	»
	1	0 70	0 55	»	»	0 20	0 077	»	»
	1	0 75	1 15	»	»	0 20	0 173	»	»
Face opposée. pignon.	1	2 40	1 00	»	»	0 32	0 768	»	»
Face opposée. œil de bœuf. .	1	0 80	0 50	»	»	0 32	0 128	»	»
Face opposée. les encadrements des baies, ensemble. . . .		34 20	0 32	»	»	0 15	1 692	»	»
Total à déduire. . . .								5,128	»
Reste.	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	41,275	»

DÉSIGNATION DES OUVRAGES, PARTIES D'OUVRAGES ET INDICATION DE LEUR NATURE.	NOMBRE de pièces ou parties semblables.	DIMENSIONS réduites. Longueur pour chacune ou ensemble.	Largeur.	SURFACES auxiliaires.	définitives.	HAUTEUR OU ÉPAISSEUR.	CUBES auxiliaires.	définitifs.	POIDS.
								mèt.	
Report.	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	41,275	»
A ajouter :									
La construction du four évaluée..	»	»	»	»	»	»		1,000	»
Les massifs au-dessous des marches.	1	1,75	0,50	»	»	0,30	0,263	0,653	»
	1	1,20	0,50	»	»	0,30	0,180		
	1	1,00	0,70	»	»	0,30	0,210		
Cube total de maçonnerie de moellons et mortier hydraulique	»	»	»	»	»	»	»	42,928	»
2° Maçonnerie de pierre de taille de roche.									
Marche de la porte principale.	1	1,50	0,60	»	»	0,20	0,180	»	»
Les marches du fournil. . .	2	1.10	0,20	»	»	0,20	0,088	»	»
Trois autres marches. . . .	3	0,80	0,20	»	»	0,20	0.096	»	»
Seuil de l'entrée du four. .	1	0,70	0.20	»	»	0,15	0.021	»	»
Pierre d'évier.	1	1,00	0,60	»	»	0,15	0,090	»	»
Les encadrements au pourtour des baies, ensemble..	»	34,20	0,32	»	»	0,15	1,642	»	»
Cube total de maçonnerie de pierre de taille.	»	»	»	»	»	»	»	2,117	»
3° Taille de roche.									
Marche de la porte principale.	1	»	»	0,90	»	»	»	»	»
Parement de tête..	»	2,70	0,20	0,54	»	»	»	»	»
Marches du fournil.	2	1,10	0,20	0,44	»	»	»	»	»
Parement de tête de fournil.	»	»	»	0.44	»	»	»	»	»
Dessus de marche..	3	0,80	0,20	0,48	»	»	»	»	»
Parement de tête.	»	»	»	0,48	»	»	»	»	»
Pierre d'évier..	1	1,00	0,80	0,80	»	»	»	»	»
Les encadrements des baies, ensemble..	»	34.20	0,62	21,20	»	»	»	»	»
Surface totale de taille.	»	»	»	»	25,28	»	»	»	»
4° Maçonnerie de briques réfractaires de 0.11.									
L'intérieur de la voûte du four.	1	1,40	2,00	2,80	»	»	»	»	»
L'âtre de la cheminée. . .	1	1,50	0,75	1,13	»	»	»	»	»
Surface totale de maçonnerie de briques.	»	»	»	»	3,93	»	»	»	»

DÉSIGNATION DES OUVRAGES, PARTIES D'OUVRAGES ET INDICATION DE LEUR NATURE.	NOMBRE de pièces ou parties semblables.	DIMENSIONS réduites. Longueur pour chacune ou ensemble.	DIMENSIONS réduites. Largeur.	SURFACES auxiliaires.	SURFACES définitives.	HAUTEUR OU ÉPAISSEUR.	CUBES auxiliaires.	CUBES définitifs.	POIDS.
5° Carrelage en carreaux neufs du pays.									
Surface correspondante aux plafonds.	»	8,06	4 81	33,77	38,77	»	»	»	»
6° Légers ouvrages en plâtre.									
Les cloisons de distribution en plâtras, hourdés en plâtre, lattés et ravalés des deux côtés de 0,10 d'épaisseur compris renformis.									
Ensemble.	»	8,80	2,64	23.23	»	»	»	»	»
Plus-value de 1/10e. . . .	»	»	»	2,32	»	»	»	»	»
Total.	»	»	»	25,55	»	»	»	»	»
A déduire : 2 baies. . .	2	2,00	0,70	2,80	»	»	»	»	»
Reste.	»	»	»	»	22,75	»	»	»	»
Les enduits intérieurs. Ensemble.	»	25,74	2,61	67,95	»	»	»	»	»
Le surplus des enduits. . .	»	7,60	2,60	19,76	»	»	»	»	»
Total.	»	»	»	87,71	»	»	»	»	»
A déduire : la surface des baies, etc.	»	»	»	16,28	»	»	»	»	»
Reste.	»	»	»	71,43	»	»	»	»	»
Soit 71,43 à 1/4 de légers.	»	»	»	»	17,86	»	»	»	»
Un tuyau de cheminée. . .	1	4,00	1,00	»	4,00	»	»	»	»
Les tableaux des croisées compris feuillures et arêtes.	4	4,30	0,25	»	4,30	»	»	»	»
Les tableaux de l'œil-de-bœuf. Ensemble.	»	2,20	0,25	»	0,55	»	»	»	»
Les calfeutrements au pourtour des croisées et châssis. Ensemble.	»	2,10	0,05	»	1,01	»	»	»	»
20 trous de scellements de pattes évaluées chacune 0.05	»	»	»	»	1.00	»	»	»	»
Tableau de la fausse baie.	»	4,30	0,15	»	0,65	»	»	»	»
Ébrasement de la baie d'entrée sur le pignon. . . .	1	5,40	0,25	»	1,35	»	»	»	»
A reporter.					53,47				

DÉSIGNATION DES OUVRAGES, PARTIES D'OUVRAGES ET INDICATION DE LEUR NATURE.	NOMBRE de pièces ou parties semblables.	DIMENSIONS réduites. Longueur pour chacune ou ensemble.	Largeur.	SURFACES auxiliaires.	définitives.	HAUTEUR OU ÉPAISSEUR.	CUBES auxiliaires.	définitifs.	POIDS.
Report					53,47				
Ébrasement de la baie sur le mur mitoyen.	1	4,65	0,25	»	1,16	»	»	»	»
Ébrasement de la baie sur le cellier.	1	4,20	0,20	»	0,84	»	»	»	»
Les calfeutrements au pourtour des baies et huisseries. Ensemble	30	19,45	0,05	»	0,97	»	»	»	»
30 trous et scellements de pattes évalués chacun 0,05	30	»	»	»	1,50	»	»	»	»
La hotte de cheminée en pigeonnage, manteau, scellement, etc., évalués.	»	»	»	»	3,00	»	»	»	»
Les tableaux au pourtour de la baie du four. . . .	1	3,40	0,25	»	0,85	»	»	»	»
Les plafonds lattés et ravalés. Ensemble.	1	8,06	4,81	38,77	»	»	»	»	»
Ci à 60 pour 100 de légers.	»	»	»	»	23,26	»	»	»	»
Le plafond rampant du cellier.	1	3,80	2,	7,60	»	»	»	»	»
Ci à 60 pour 100 de légers.	»	»	»	»	4,56	»	»	»	»
L'aire du grenier, même surface que les plafonds (38,77) évaluée à 58 pour 100 de légers. . . .	»	»	»	»	22,49	»	»	»	»
Les crépis au mur du grenier évalués aux 17/00 de légers.	»	25,38	1,10	27,92	4,75	»	»	»	»
Les enduits extérieurs et crépis gobelés. Ensemble.	»	31,70	3,90	123,63	»	»	»	»	»
Les pignons surface. Ensemble.	»	»	»	7,35	»	»	»	»	»
Ensemble.	»	»	»	130,98	»	»	»	»	»
A déduire :									
La surface des baies, comme pour les enduits intérieurs.	»	»	»	16.28	»	»	»	»	»
Reste	»	»	»	114.70	57,35	»	»	»	»
Évalués à 1/2 légers. . . .	»	»	»	»	»	»	»	»	»
6 trous et scellements de marches évalués à 0,25 de légers.	6	»	»	0,25	1,50	»	»	»	»
Fourniture, pose et scellement de 2 mitres en grès évalués chaque 1,50 . .	2	»	»	1,50	3,00	»	»	»	»
A reporter . . .					178,70				

DÉSIGNATION DES OUVRAGES, PARTIES D'OUVRAGES ET INDICATION DE LEUR NATURE.	NOMBRE de pièces ou parties semblables	DIMENSIONS réduites. Longueur pour chacune ou ensemble.	Largeur.	SURFACES auxiliaires.	définitives.	HAUTEUR OU ÉPAISSEUR.	CUBES auxiliaires.	définitifs.	POIDS.
Report					178,70				
10 trous et scellements de poteaux de remplissages et entretoises..	10	»	»	0,10	1,00	»	»	»	»
4 forts trous et scellement de blochets et décharges.	4	»	»	0,25	1,00	»	»	»	»
Surface totale de légers.	»	»	»	»	180,70	»	»	»	»
§ 3. *Charpente.*									
1° Chêne brut.									
Linteaux de baies.	7	1,75	0,20	»	»	0,20		0,490	»
2° Sapin neuf brut, assemblé.									
Arbalétrier.	1	5,60	0,10	»	»	0,16	0,090	»	»
Entraits.	2	3,85	0,05	»	»	0,16	0,062	»	»
Poinçon.	1	1,15	0,14	»	»	0,14	0,023	»	»
Jambes de force.	2	1,50	0,10	»	»	0,12	0,036	»	»
Blochets.	4	1,00	0,12	»	»	0,05	0,024	»	»
Cours de pannes.	2	9,50	0,10	»	»	0,16	0,304	»	»
Faîtage..	1	9,50	0,14	»	»	0,20	0,266	»	»
Pannes à scellement.. . . .	4	0,75	0,10	»	»	0,20	0,060	»	»
Chevrons.	44	3,50	0,08	»	»	0,05	0,616	»	»
Solives de remplissage. . .	19	4,85	0,06	»	»	0,12	0,663	»	»
Cube total de charpente en sapin. . . .	»	»	»	»	»	»	»	2,144	
§ 4. *Couverture.*									
1° Couverture en tuiles neuves sur lattis neuf.									
Longs pans.	2	9,55	3,52	67,23	»	»	»	»	»
Appentis.	1	4,35	2,00	8,70	»	»	»	»	»
Surface totale.	»	»	»	»	76,93	»	»	»	»
2° Faîtages en faîtières neuves posées en plâtre.									
Ensemble.	»	9,55	»	»	»	»	»	»	»
3° Égouts.				»	»	»	»	»	»
Égouts de 2 tuiles.	»	41,85	»	»	»	»	»	»	»
A reporter	»		»	»	»		»	»	»

DÉSIGNATION DES OUVRAGES, PARTIES D'OUVRAGES ET INDICATION DE LEUR NATURE.	NOMBRE de pièces ou parties semblables.	DIMENSIONS réduites		SURFACES		HAUTEUR OU ÉPAISSEUR.	CUBES		POIDS.
		Longueur pour chacune ou ensemble.	Largeur.	auxiliaires.	définitives.		auxiliaires.	définitifs.	
Report	»	»	»	»	»	»	»	»	»
4° Plâtre pour soline. . . .	»	3,00	»	»	»	»	»	»	»
§ 5. *Menuiserie.*									
Châssis de croisée en chêne à noix et gueule de loup, jet d'eau, pièce d'appui, châssis et dormant de 0,034 à grands carreaux :									
Les 4 croisées.	4	1,56	0,91	5,67	»	»	»	»	»
Porte vitrée.	1	2,20	1,00	2,20	»	»	»	»	»
Châssis œil-de-bœuf évalué.	»	»	»	0,70	»	»	»	»	»
Surface totale.	»	»	»	»	8,57	»	»	»	»
2° Menuiserie en sapin de 0,027. 2 parements, assemblée, rainée et collée.									
1 porte pleine.	1	1,60	1,00	1,60	»	»	»	»	»
Portes intérieures.	3	2.00	0.70	4,20	»	»	»	»	»
Volets 4 paires.	4	1.40	0,75	4,20	»	»	»	»	»
Volets de la porte d'entrée.	1	1,10	1,00	1,10	»	»	»	»	»
Surface totale.	»	»	»	»	11,10	»	»	»	»
3° Bâtis en sapin de 0.08 sur 0,8. 3 Parements feuillés.									
Montants de 2m,15.	6	12,90	»	»	»	»	»	»	»
Id. de 1m,75.	2	3.50	»	»	»	»	»	»	»
Traverses de 0m,85.	3	2,55	»	»	»	»	»	»	»
Id. de 1m,00.	1	1,00	»	»	»	»	»	»	»
Id. de 1m,10.	1	1,10	»	»	»	»	»	»	»
Longueur totale. . . .		21,05	»	»	»	»	»	»	»
Sapin de 0m,10 0m,18 pour poteaux, écharpes, sablières hautes et basses et entretoises de remplissage :									
Longueur. Ensemble.	»	89,13	»	»	»	»	»	»	»
A reporter	»	»	»	»	»	»	»	»	»

DÉSIGNATION DES OUVRAGES, PARTIES D'OUVRAGES ET INDICATION DE LEUR NATURE.	NOMBRE de pièces ou parties semblables.	DIMENSIONS réduites. Longueur pour chacune ou ensemble.	DIMENSIONS réduites. Largeur.	SURFACES auxiliaires.	SURFACES définitives.	HAUTEUR OU ÉPAISSEUR.	CUBES auxiliaires.	CUBES définitifs.	POIDS.
Report	»	»	»	»	»	»	»	»	»
§ 6. *Serrurerie.*									
Ferrure de 4 croisées :									
Équerres simples entaillées de 0m,16.	16	»	»	»	»	»	»	»	»
Fiches à boulons de 0m,11.	6	»	»	»	»	»	»	»	»
Poignées à pattes de 0m,11.	4	»	»	»	»	»	»	»	»
Verrous demi placard de 0m,33.	8	»	»	»	»	»	»	»	»
Ferrure de la porte d'entrée principale.	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Charnières en fouillures de 0m,11.	3	»	»	»	»	»	»	»	»
Serrure tour 1/2 à fouliot sûreté Bénarde de 0m,14.	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Pattes à scellement pour l'œil-de-bœuf..	4	»	»	»	»	»	»	»	»
Porte du cellier :									
Charnières en feuillures de 0m,11.	3	»	»	»	»	»	»	»	»
Serrure à pène dormant de 0m,14..	1	»	»	»	»	»	»	»	»
3 portes intérieures :									
Charnières en feuillures de 0m,11.	9	»	»	»	»	»	»	»	»
Serrure à pène dormant et 1/2 tour.	3	»	»	»	»	»	»	»	»
4 paires de volets :									
Paumelles à gonds de 0m,19.	16	»	»	»	»	»	»	»	»
Crochets.	4	»	»	»	»	»	»	»	»
Loqueteaux.	4	»	»	»	»	»	»	»	»
Poignées.	4	»	»	»	»	»	»	»	»
Volet de la porte d'entrée :									
Pannetons à agrafes. . . .	2	»	»	»	»	»	»	»	»
Contre-pannetons..	2	»	»	»	»	»	»	»	»
Boulons et clavettes.. . . .	2	»	»	»	»	»	»	»	»
Rosettes entaillées.	4	»	»	»	»	»	»	»	»
Poignées à olive.	2	»	»	»	»	»	»	»	»
Porte du four en tôle. . . .	1	»	»	»	»	»	»	»	»
Rapointis et clous à bateaux.	»	»	»	»	»	»	»	»	13k.

DÉSIGNATION DES OUVRAGES, PARTIES D'OUVRAGES ET INDICATION DE LEUR NATURE.	Nombre de pièces ou parties semblables	DIMENSIONS réduites. Longueur pour chacune ou ensemble.	Largeur.	SURFACES auxiliaires.	définitives.	HAUTEUR OU ÉPAISSEUR.	CUBES auxiliaires.	définitifs.	POIDS.
									kil.
Report	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Pattes à scellement.	40	»	»	»	»	»	»	»	»
Fonte pour plaque de contre-cœur	»	»	»	»	»	»	»	»	25
§ 7. *Peinture et vitrerie.*									
Peinture à l'huile, 3 couches rebouchée :									
Les 4 croisées (2 faces). . .	1 × 2	»	»	1,55	12,40	»	»	»	»
Châssis de l'œil-de-bœuf évalué.	. . .	. . .	. . .	. . .	1,00	»	»	»	»
Porte vitrée (2 faces). . . .	1 × 2	2,20	1,00	»	4,40	»	»	»	»
Porte du cellier (*dito*). . .	1 × 2	1,60	1,00	»	3,20	»	»	»	»
3 portes intérieures (*dito*). .	1 × 2	2,00	0,70	»	8,40	»	»	»	»
Les frises. Ensemble. . . .	»	51,00	0,75	»	38,33	»	»	»	»
Surface totale de peinture à l'huile. . . .	. . .	. . .	. . .	. . .	67,73	»	»	»	»
Peinture à la colle en blanc à 2 couches.									
Surface calculée. . . .	. . .	. . .	. . .	. . .	mètr. 36,00	»	»	»	»
Papier de tenture, compris bordure et collage :									
Surface calculée. . . .	»	»	»	»	80,00	»	»	»	»
Vitrerie en verre ordinaire. Les croisées, la porte vitrée et l'œil-de-bœuf :									
Surface calculée. . .	»	»	»	»	6,00	»	»	»	

MAISON DE GARDIEN

DE PASSAGE A NIVEAU, TYPE N° 1.

DÉTAIL ESTIMATIF.

DÉSIGNATION des OUVRAGES.	NUMÉROS DES SOUS-DÉTAILS.	QUANTITÉS.	PRIX DE L'UNITÉ.	DÉPENSES par ARTICLE.	DÉPENSES par OUVRAGE.
			fr. c.	fr. c.	fr. c.
UNE MAISON DE GARDIEN DE PASSAGE A NIVEAU.					
§ 1er. *Terrassements.*					
Mètres cubes de déblai en rigole jetés sur berge et roulés à la brouette à un relais, pour fondations	»	10^{m3},299	50	5 15	»
Total pour les terrassements.	»	»	»	»	5 15
§ 2. *Maçonneries.*					
Mètres cubes de maçonnerie de moellons, hourdée en mortier de chaux hydraulique de sable de rivière.	»	42^{m3},978	13 80	593 10	»
Mètres cubes de maçonnerie de pierre de taille de roche. . . .	»	2^{m3},117	55 20	116 86	»
Mètres superficiels de taille de roche neuve.	»	25^{m2},28	4 60	116 29	»
Mètres superficiels de maçonnerie de briques réfractaires de 0m,11 d'épaisseur.	»	3^{m2},93	4 60	18 08	»
Mètres superficiels de carrelage en carreaux neufs du pays. . . .	»	38^{m2},77	2 10	81 42	»
Mètres superficiels de légers ouvrages en plâtre.	»	180^{m2},70	3 25	587 28	»
Total pour les maçonneries.	»	»	»	»	1 513 03
§ 3. *Charpente.*					
Mètres cubes de chêne brut pour linteaux des baies.	»	0^{m3},490	73 60	36 06	»
Mètres cubes de charpente en sapin neuf assemblé.	»	2^{m3},144	55 20	118 35	»
Total pour la charpente. . .	»	»	»	»	154 41
A reporter.	»		»	»	1 672 59

DÉSIGNATION des OUVRAGES.	NUMÉROS DES SOUS-DÉTAILS.	QUANTITÉS	PRIX DE L'UNITÉ.	DÉPENSES par ARTICLE.	DÉPENSES par OUVRAGE.
			fr. c.	fr. c.	fr. c.
Report	»	»	»	»	672 59
§ 4. *Couverture.*					
Mètres superficiels de couverture en tuiles neuves sur lattis neufs.	»	75m²,93	2 75	208 81	»
Mètres courants de faîtages en tuiles faîtières neuves posées en plâtre	»	9m ,55	1 40	13 37	»
Mètres courants d'égouts de deux tuiles	»	41m ,85	1 10	46 04	»
Mètres courants de solnis en plâtre.	»	3m ,00	0 60	1 80	»
Total pour la couverture. .	»	»	»	»	270 02
§ 5. *Menuiserie.*					
Mètres superficiels de menuiserie pour châssis de croisées en chêne à noix et gueule de loup, jet d'eau et pièce d'appui, etc.	»	8m²,57	8 50	72 85	»
Mètres superficiels de menuiserie en sapin de 0m,027, deux parements, rainée, collée et assemblée.	»	11m²,10	4 30	47 73	»
Mètres courants de bâtis en sapin de 0m,08/0m,08, à trois parements, avec feuillures.	»	21m ,05	0 90	18 95	»
Mètres courants de poteaux, écharpes, sablières, entretoises, etc., en sapin de 0m,58/0m,50. . . .	»	35m ,65	2 50	89 13	»
Total pour la menuiserie. .	»	»	»	»	228 66
§ 6. *Serrurerie.*					
Ferrure des quatre croisées :					
Équerres simples entaillées de 0m,16.	»	16. »	0 20	3 20	»
Fiches à boutons de 0m,11. . . .	»	16. »	0 45	7 20	»
Poignées à pattes de 0m,11. . . .	»	4. »	0 30	1 20	»
Verrous 1/2, placard de 0m,33. .	»	8. »	1 25	10 »	»
Porte d'entrée principale :					
Charnières en feuillure de 0m,11.	»	3. »	0 60	1 80	»
Serrure à tour 1/2 à fouliot, sûreté, benarde, de 0m,14. . . .	»	1.	»	6 90	»
Pattes à scellement pour fixer l'œil de-bœuf.	»	4.	0 25	1 »	»
A reporter.	»	»	»	31 30	2 171 27

DÉSIGNATION des OUVRAGES.	NUMÉROS DES SOUS-DÉTAILS.	QUANTITÉS.	PRIX DE L'UNITÉ.	DÉPENSES par ARTICLE.	DÉPENSES par OUVRAGE.
			fr. c.	fr. c.	fr. c.
Report.	»	»	»	31 30	2 171 27
Porte du cellier :					
Charnières en feuillure de 0m,11.	»	3. »	0 60	1 80	»
Serrure à pène dormant de 0m,14.	»	1. »	5 »	5 »	»
Trois portes intérieures :					
Charnières à feuillure de 0m,11.	»	9. »	0 60	5 40	»
Serrure à pène dormant de 1/2 tour.	»	3. »	5 50	16 50	»
Quatre paires de volets :					
Paumelles à gonds de 0m,19. . .	»	16. »	0 95	15 20	»
Crochets.	»	4. »	0 30	1 20	»
Loqueteaux	»	4. »	1 30	5 20	»
Poignées.	»	4. »	0 35	1 40	»
Volet de la porte d'entrée :					
Pannetons à agrafe.	»	2. »	0 80	1 60	»
Contre-pannetons	»	2. »	0 60	1 20	»
Boulons et clavettes.	»	2. »	0 75	1 50	»
Rosettes entaillées.	»	4. »	0 20	0 80	»
Poignées à olives de 0m,16. . .	»	2. »	0 80	1 60	»
La porte du four est évaluée. .	»	»	»	3 70	»
Kilogrammes de rapointis de clous à bateau	»	13k	0 35	4 55	»
Pattes à scellement de 0m,11. . .	»	40. »	0 20	8 »	
Kilogrammes de fonte pour plaque de contre-cœur	»	25k	0 30	7 50	»
Total pour la serrurerie. . .	»	»	»	»	113 45
§ 7. *Peinture et Vitrerie.*					
Mètres superficiels de peinture à l'huile de trois couches, rebouchée	»	67m²,73	0 80	54 18	»
Mètres superficiels de peinture à la colle en blanc, deux couches	»	36m²,00	0 15	5 40	»
Mètres superficiels de papier de tenture, compris bordure et collage	»	80m²,00	0 25	20 »	»
Mètres superficiels de vitrerie en verre ordinaire.	»	6m²,00	4 15	24 90	»
Total pour la peinture, vitrerie, etc.	»	»	»	»	104 48
Total.	»	»	»	»	2 389 20
A valoir pour dépenses imprévues.	»	»	»	»	310 80
Total général.	»	»	»	»	2 700 00

BATIMENTS POUR RÉSERVOIR

DEVIS ESTIMATIF DES TRAVAUX A EXÉCUTER ET DES DÉPENSES A FAIRE POUR LA CONSTRUCTION D'UN BATIMENT POUR RÉSERVOIR.

NATURE DES TRAVAUX.	SURFACES.	CUBES.	DÉPENSES par ARTICLE.	DÉPENSES par OUVRAGE.
1° *Terrassements.*				
Déblais.				
Bâtiment.	49,82	»	»	»
Cheminée.	4,84	»	»	»
Surface totale.	54,66	81,99	»	»
Profondeur commune	1,50			
Lesquels 81m,99 cubes à 0 fr. 80 compris enlèvement vaudront . .	»	»	»	65,60
2° *Maçonnerie.*				
Fondations.				
Beton. Surface égale à celle des déblais.	54.66	27,33	»	»
Epaisseur commune	0,30			
Lesquels 27m,33 de beton à 20 fr. le mètre vaudront.	»	»	546,60	»
Mur et massif de cheminée jusqu'au niveau du sol, maçonnerie en moellons et mortier hydraulique et sable :				
Murs.	16,80	»	»	»
Cheminée.	3,24	»	»	»
Surface totale	20,04	20,04	»	»
Epaisseur commune	1,00			
A déduire pour vide et brique réfractaire.	»	0,50	»	»
Reste à compter	»	19,54	»	»
Lesquels 19m,54 de moellons hourdés en mortier de chaux hydraulique et sable à 18 fr. le mètre vaudront.	»	»	351,72	»
A reporter.			898,32	65,60

NATURE DES TRAVAUX.	SURFACES.	CUBES.	DÉPENSES par ARTICLE.	DÉPENSES par OUVRAGE.
Maçonnerie (suite).				
Report.	»	»	898,32	65,60
Pierre de roche pour soubassement, etc. . . . . , ...	15,27	9,166	»	»
Hauteur commune.	0,60			
Bandeau développé.	8,31	2,080	»	»
Epaisseur commune	0,25			
Bandeau supérieur de la cheminée. .	»	0,586	»	»
Appuis.	»	0,410	»	»
Tablette au pourtour de la cheminée.	»	0,396	»	»
Cube total de la pierre de roche. . .	»	12,638	»	»
Lesquels 12m,638 de pierre à 100 fr. le mètre vaudront	»	»	1,263,80	»
Taille de la pierre de roche :				
Soubassement intérieur et extérieur.	30,90	»	»	»
Soubassement de la cheminée. . . .	4,81	»	»	»
Bandeau du bâtiment.	5 74	»	»	»
Appuis.	4,77	»	»	»
Bandeau inferieur de la cheminée. .	2,96	»	»	»
Bandeau supérieur de la cheminée .	4,60	»	»	»
Tablette supérieure de la cheminée.	3,23	»	»	»
Seuil.	1.00	»	»	»
Surface.	58,11	»	»	»
Lesquels 58m,11 de taille et ragréements à 6 fr. 50 vaudront. . . .	»	»	377,71	»
Plus-value pour évidements et déchets.	»	»	100,00	»
Murs en élévation meulière ordinaire, hourdée en mortier de chaux et sable :				
Bâtiments, contre-forts et pieds-droits	7,36	»	»	»
Cheminée	1,93	»	»	»
	9,29	9,29	»	»
Hauteur commune.	1,00			
Rechargement des bandeaux	»	1.40	»	»
Cube.	»	10,69	»	»
A reporter.	»	»	2,639,83	65,60

NATURE DES TRAVAUX.	SURFACES.	CUBES.	DÉPENSES par ARTICLE.	DÉPENSES par OUVRAGE.
Maçonnerie (suite).				
Report	2,639,83	»	»	65,60
Lesquels 10m,79 de meulière à 19 fr. 50 le mètre vaudront. . .	»	»	208,45	»
Moellons durs hourdés en mortier hydraulique :				
Partie comprise entre le soubassement et la grande archivolte sans déduction pour compenser les cintres des archivoltes : demi-cercle de 2m,15 de diamètre, surface	»	9,750	»	»
Six faces compris entre l'entablement, reliant la partie supérieure des contre-forts à l'intrados de la grande archivolte	»	17,418	»	»
Couronnement réunissant les contre-forts.	»	7,480	»	»
Total de la maçonnerie de moellon hourdée en mortier hydraulique	»	34,64	»	»
Lesquels 35m,64 à 18 fr. vaudront.	»	»	623,52	»
Cheminées en briques de Bourgogne, revêtement intérieur en briques réfractaires jusqu'à 3m,35 de hauteur :				
Brique ordinaire	»	8.74	»	»
Les 8m,74 de briques ordinaires à 80 fr. le mètre vaudront.	»	»	699,20	»
Briques réfractaires.	»	2,52	»	»
Lesquels 2m,52 de briques à 12 fr. le mètre vaudront	»	»	302,40	»
Enduits en mortier hydraulique à gros grain :				
Surface extérieure entre le soubassement et l'appui	10,57	»	»	»
Entre le bandeau et la partie supérieure des murs sans déduction de vides pour compensation des re-				
A reporter.	10,57	»	4,473,40	65,60

NATURE DES TRAVAUX.	SURFACES.	CUBES.	DÉPENSES par ARTICLE.	DÉPENSES par OUVRAGE.
Maçonnerie (suite).				
Report.	10,57	»	4,473,40	65,60
traites et joints de briques tirés au crochet.	72.00	»	»	»
Total	82,57	»	»	»
Lesquels 82m.57 d'enduit à gros grain, mortier hydraulique, à 1 fr. 50 vaudront	»	»	123,85	»
Enduits évalués en légers, et pour plafonds.	49,29	»	»	»
Lesquels 49m,23 d'enduits en léger à 3 fr. le mètre vaudront.	»	»	147.69	
Total de la maçonnerie.	»	»	4,744,94	4,744,94
3° *Charpente.*				
Bois de Chêne.				
Charpente des planchers au-dessous des réservoirs				
2 semelles placées sur la maçonnerie.	»	0,720	»	»
14 solives	»	3,010	»	»
16 soliveaux	»	0.396	»	»
2 solives d'angle	»	0,896	»	»
1 linçoir	»	0,021	»	»
Entourage du réservoir et comble :				
4 cours de sablière ensemble cubant.	»	0,549	»	»
4 cours de traverses formant pannes et recevant les arbalétriers, ensemble cubant	»	0,678	»	»
4 cours de traverses recevant le pied des poteaux extérieurs à la hauteur de l'encorbellement, ensemble cubant.	»	0,678	»	»
10 poteaux soutenant le comble et s'engageant sur les semelles . . .	»	0.562	»	»
20 aisselliers	»	0.360	»	»
2 *dito* faîtage.	»	0.015	»	»
A reporter.	»	7,915	»	4,810,54

NATURE DES TRAVAUX.	SURFACES.	CUBES.	DÉPENSES par ARTICLE.	DÉPENSES par OUVRAGE.
Charpente (suite).				
Report.	»	7,915	»	4,810,54
2 poinçons	»	,164	»	»
Couronnement du poinçon	»	, 88	»	»
Total du chêne.	»	8.167	»	»
Lesquels 8m,167 de chêne refait à 120 fr. le mètre vaudront	»	»	980,04	»
Plus-value pour moulure de tourillon	»	»	60,00	»
Sapin du nord :				
4 arêtiers	»	0,269	»	»
6 arbalétriers.	»	0.242	»	»
1 faîtage	»	0 072	»	»
2 cours de pannes	»	0,604	»	»
90 chevrons	»	1,382	»	»
Moises reliant les poteaux et poinçons formant entrait.	»	.595	»	»
		3.164	»	»
Lesquels 3m.164 de sapin à 100 fr. le mètre vaudront.	»	»	316,40	»
Total de la charpente	»	»	1,356.44	1,356,44
4° *Couverture.*				
Couverture en zinc n° 12 sur volige, 2 croupes triangulaires.	25,92	»	»	»
2 grandes faces.	50,46	»	»	»
Bourrelets	18,00	»	»	»
Total de la couverture	94.38	»	»	»
Lesquels 94m,38, superficiels de zinc n° 12, à 7 fr. 25 le mètre vaudront	»	»	684,25	684,25
5° *Menuiserie.*				
1 porte pleine en chêne à deux vantaux de 0m.041 d'épaisseur, arrasée à deux parements, frise, moulure sur joints emboîtée avec clef. Surface : 2m,25, à 14 fr.	»	»	31,50	»
A reporter.			31,50	6,851,23

NATURE DES TRAVAUX.	SURFACES.	CUBES.	DEPENSES par ARTICLE.	DEPENSES par OUVRAGE.
Menuiserie (suite).				
Report.	»	»	31,50	6,851,23
1 dormant de 4m,50 courants à 1 fr. 25 vaudra.	»	»	5,62	»
5 croisées et impostes circulaires en chêne, châssis 0m,034, dormant 0m,041 petits carreaux, mesurant 5m,95 superficiels à 10 fr., vaudront.	»	»	59,60	»
Plancher sous les réservoirs en frise chêne	53,76	»	»	»
Mesurant 53m,76 superficiels de plancher à 7 fr. 50 vaudront. . .	»	»	403,20	»
Entourage du réservoir : 54 poteaux en chêne, 118m,80 à 2 fr. le mètre courant.	»	»	237,60	»
54 traverses hautes, chêne, ensemble 29m,00 à 2 fr. le mètre courant. .	»	»	58,00	»
54 traverses basses développant ensemble 29m,00 à 1 fr. 70 l'un . .	»	»	49,30	»
Remplissage entre les poteaux, planches en sapin, moulures sur les arêtes	56,43	»	»	»
Mesurant 56m,43 superficiels à 4 fr. le mètre vaudront	»	»	225,72	»
Partie découpée cachant les abouts des solivaux de l'encorbellement : Ensemble 15m,60 à 5 fr. 80, compris découpures, vaudront. . . .	»	»	90,48	»
54 croix de Saint-André au-dessus. traverse haute des poteaux, chêne : Ensemble 75m,60 à 1 fr. 40 le mètre courant vaudront.	»	»	105,84	»
54 parties de tringles devant le vitrage : Ensemble 86m,40 de tringles à 0 fr. 40 l'un vaudront.	»	»	34,56	»
8 châssis en bois pour donner de l'air	»	»	8,00	»
54 consoles pour l'encorbellement : 15m,12 superficiels à 17 fr. le mètre vaudront.	»	»	258,85	»
A reporter.	»	»	1,567,87	6,851,23

NATURE DES TRAVAUX.	QUANTITÉS.	CUBES.	DÉPENSES par ARTICLE.	DÉPENSES par OUVRAGE.
Menuiserie (suite).				
Report.			1,567,87	6,851,23
Plus-value pour les 54 découpures à 0 fr. 50 l'une.	»	»	27,00	»
58 arcs-boutants en chêne sous l'égout du comble : 34m,80 à 2 fr. le mètre courant vaudront. . . .	»	»	69,60	»
Plus-value pour refeuillure et moulures des consoles.	»	»	25,00	»
Ensemble.	67,80	»	»	»
Lesquels 67m,80 de moulure à 2 fr. le mètre linéaire vaudront	»	»	135,60	»
Moulure au bas de l'encorbellement : Ensemble 31m,80 courant à 4 fr. 10 vaudront.	»	»	130,38	»
Total de la menuiserie	»	»	1,955,45	1,955,45
6e *Serrurerie*.				
Gros fer.				
4 chaînes et 8 ancres pesant	76,	»	»	»
Les 76 kil. de fer à 60 fr. les 100 kil. vaudront.	»	»	45,60	»
20 kil. boulons pour ferrures, moises, etc., à 1 fr.	»	»	20,00	»
25 kil. pointes pour fixer les chevrons, consoles, etc., à 1 fr. . . .	»	»	25,00	»
16 tire-fonds pour l'assemblage des soliveaux, pesant 8 kil. à 1 fr. 20.	»	»	9,60	»
La ferrure d'une porte : 8 pattes, 6 paumelles, 1 battant de loquet, 1 crémone.	»	»	64,00	»
La ferrure de 4 croisées carrées à l'intérieur et formant archivolte à l'extérieur ; 1 crémone :				
Total pour 1 fenêtre	9,50	»	»	»
Et pour les 4.	»	»	38,00	»
A reporter.	»	»	202,20	8,806,68

NATURE DES TRAVAUX.	QUANTITÉS.	CUBES.	DÉPENSES par ARTICLE.	DÉPENSES par OUVRAGE.
Serrurerie (suite).				
Report.	»	»	202,20	8,806,68
10 échelons pour monter au réservoir, pesant 40 kil. à 0 fr. 75 le kil., compris scellement	»	»	30,00	»
Agrafes pour la cheminée estimées.	»	»	76,06	»
Total de la serrurerie.	»	»	308,26	308,26
7° *Peinture*.				
Peinture à l'huile, 3 couches; la porte 2 faces compris le dormant.	»	5,44	»	»
Peinture de 4 croisées : même surface que la menuiserie	»	9,60	»	»
Les 4 faces extérieures du pourtour du réservoir compris épaisseur des poteaux, développant.	»	114,00	»	»
Consoles et encorbellement.	»	50,70	»	»
Soliveaux et dessous de la saillie. .	»	50,01	»	»
Abouts de chevrons.	»	10,80	»	»
Clochetons	»	4,00	»	»
Surface totale de la peinture	»	244,55	»	»
Lesquels 244m,55 superficiels de peinture à l'huile, 3 couches, compris le rebouchage, à 0 fr. 90 le mètre, vaudront	»	»	220,10	220,10
8° *Vitrerie*.				
4 croisées.	3,92	»	»	»
54 baies sous l'égout.	8,64	»	»	»
Surface totale.	12,56	»	»	»
Lesquels 12m,56 superficiels de vitrerie en verre blanc ordinaire, compris masticage à 5 fr. 50 le mètre, vaudront.	»	»	69,08	»
Total de la vitrerie.	»	»	69,08	69,08
Premier total.	»	»	»	9,404,12

RÉCAPITULATION

DU MONTANT DES DÉPENSES.

1° Terrassements	65 60
2° Maçonnerie	4 744 94
3° Charpente	1 356 44
4° Couverture	684 23
5° Menuiserie	1 955 45
6° Serrurerie	308 26
7° Peinture	220 10
8° Vitrerie	69 08
Total égal	9 404 12
Somme à valoir pour dépenses imprévues	595 88
	10 000 00

DEVIS ESTIMATIF

D'UN SIGNAL FIXE MANŒUVRÉ A LA MAIN, DISQUE PORTE-LANTERNE ET SIGNAL DE RALENTISSEMENT.

Fonte.

Une colonne de 1m,65 de hauteur, épaisseur moyenne : pour le fût 0m,060. Pour le socle 0m,050 évaluée au minimum en tenant compte du raccordement des angles pour moulage, pesant . . . . . 110k »

Une crapaudine	1 »
Un porte-lanterne	3 50
Un appareil de suspension des tiges	2 50
Une console pour manchon	3 »
Total de la fonte	120k »
Lesquels 120k, de fonte à raison de 0f,45 l'un font	51f »

Fer.

Une tige principale avec disques pesant	60k »	
Trois tiges de porte-lanterne avec écrous	13 »	
Un appareil de ralentissement	20 »	
Une manchette de transmission	» 50	
Une porte en tôle avec charnières	2 »	
Boulons pour fixer le fût à la crapaudine	5 »	
Total du fer	100k 50	
Lesquels 100k50 de fer à raison de 1f,05 l'un vaudront		105 52
Un collet placé à la partie supérieure de la colonne pesant 1k,50. Lesquels 1k,50 de bronze à raison de 3 fr. vaudront		4 50
Total		164 02
A valoir pour dépenses imprévues		5 98
Total		170f »

TÉLÉGRAPHIE.

PRIX DES APPAREILS ET ACCESSOIRES.

1° *Poste tête de ligne à une direction.*

1 Manipulateur	75
1 Récepteur à lettres	120
1 Sonnerie	100
1 Boussole	10
1 Commutateur de pile	8
1 Paratonnerre	8
1 Pile de 28 éléments	50
1 Table en chêne, avec caisse à pile	100
Montage du poste	45
Total	526

2° *Poste intermédiaire simple ou à deux directions.*

1 Manipulateur	75
1 Récepteur à lettres	130
2 Sonneries	220
2 Boussoles	20
1 Commutateur de pile	8
2 Paratonnerres	16
1 Pile de 28 éléments	50
1 Table en chêne avec caisse à pile	100
Montage du poste	45
Total	654

3° *Poste intermédiaire de bifurcation ou à trois directions.*

1 Manipulateur	75
1 Récepteur à lettres	120
3 Sonneries	330
3 Boussoles	30
1 Commutateur de pile	8
3 Paratonnerres	24
1 Pile de 28 éléments	50
1 Table en chêne avec caisse à pile	100
Montagne du poste	45
Total	782

Pour chaque direction en plus :

1 Sonnerie	100
1 Boussole	10
1 Paratonnerre	8
Total	128

Au delà de quatre ou cinq directions on préfère établir des relais.

ÉTABLISSEMENT

de la ligne télégraphique.

PRIX DE REVIENT PAR KILOMÈTRE DE DOUBLE FIL.

(Fil omnibus et fil direct).

1° *Poteaux.*		
20 Poteaux en pin préparé par le procédé Boucherie à 7 fr.		140f »
2° *Fil.*		
2 Kilomètres de fil de fer galvanisé de 4 millimètres pesant 200 kil. à 75 les 100 kilog.		150 »
3° *Porcelaines.*		
38 Cloches de suspension à 0f 24.	9 12	
2 Supports de tendeurs à 1 30.	2 60	
		11 72
4° *Appareils de suspension.*		
28 Crochets galvanisés à 60 fr. le mille.	2 36	
2 Tendeurs id. à 5f 40.	10 80	
		13 16
5° *Vis.*		
76 Vis 24/70 tête ronde galvanisées à 5f 15 la grosse. . . .	2 68	
4 Vis tête carrée pour tendeurs à 30f 60 le cent. . . , . .	1 22	
		3 90
6° *Pose.*		
20 Poteaux à 1f 25.	25	
Pose de 2 kilomètres de fil simple.	10	
Scellement des crochets compris fourniture du soufre, 38 à 0,05.	1 90	
Somme à valoir.	4 32	
		41 22
Total.		360f »

PROJET

DE MARQUISES POUR COUVERTURES DE TROTTOIRS. (CHEMIN DE FER DE L'EST.)

Détail de la construction du specimen établi à la gare de Paris.

	kil.		fr.		fr.
2 colonnes en fonte de fer pesant ensemble.	220 »	à	45 »		99 »
8 consoles id. id.	71 »	à	50 »		35 50
1 ferme de 14 mètres de long sur 0m,50 de hauteur en doubles cornières de 0m,50mil. de côté, potelets et diagonales boulonnés, les uns en fer méplat de 0m,01 sur 0m,03, les autres en fer de 0m,01 sur 0m,04, ladite ferme pesant.	390 »	à	» 70		273 »
8 fermettes de chaque 3m,72 de longueur sur 0m,27 de hauteur moyenne en doubles cornières de 0m,27 de côté, potelets et décharges boulonnés de 0m,005 sur 0m,020, lesdites pesant ensemble.	217 »	à	1 20		260 40
35 pannes en fer T de 0m,035 et 0m,04 et 21 cornières de 0m,027 de côté, chaque de 2 mètres de long, pesant ensemble. . . .	238 90	à	» 75		179 18
Pour fixer les consoles, 40 boulons de 0m,10 de long avec têtes et écroux, pesant ensemble.	5 »	à	1 40		7 »
Pour réunir les fermettes aux consoles, 32 boulons de 0m,04 avec têtes et écroux, pesant ensemble.	1 14	à	2 »		2 28
Pour attacher la couverture aux pannes, 98 pattes et 98 vis, et pour relier les pannes aux fermettes, 112 vis ensemble.	6 50	à	3 »		19 50
Le chéneau de 14 mètres de long en zinc n° 14 par feuilles de 2 mètres produisant, y compris recouvrements, 14m,40, un poids de.	83 38	à	1 40		116 73
Pour les jonctions des tôles composant ledit chéneau, 98 vis et écroux.	4 »	à	3 »		12 »
Pour fixer le chéneau à la cloison ou au mur, 60 vis	1 50	à	3 »		4 50
Le lambrequin en tôle ondulée de 0m,0005 d'épaisseur 16m,75 de longueur développée, y compris recouvrement sur 0m,40 de large, ensemble.	32 »	à	1 40		44 80
Pour réunir les feuilles composant ledit lambrequin et le fixer aux cornières, 133 vis et écroux, ensemble.	5 33	à	3 »		15 99
La couverture en zinc n° 14 ondulé 42 feuilles de chaque 2 mètres sur 0m,80, ensemble.	400 »	à	1 »		400 »
Peintures.					
Détail d'une travée de 14 mètres peinte en gris à l'huile 1 couche, et minium 1 couche. .					
4 cornières, chaque 14 mètres.	56 mètres.				
28 décharges, chaque 0m,55.	15m,40				
A reporter.	71 40				1469 88

			fr.
Report.		71m,40	1469 88
28 montants, chaque 0m,50.		14 mètres.	
8 fumettes intermédiaires, détail d'une. . .			
4 cornières, chaque 3m,80.	15m,20		
13 décharges, chaque 0m,30, réduites.	3m,90		
14 montants, chaque 0m,22, réduits.	3m,08		
Produit pour une. . . .	22m,18		
et les 8 ensemble.		177 44	
8 consoles évaluées, chaque 2 mètres. . . .		16 »	
8 cours de pannes, chaque 14 mètres. . . .		112 »	
Ensemble. . . .		39 84 à 0,11 le m.	42 99
2 colonnes, chaque 3m,74 × 0m,42.		3 14	
Sous-face de la couverture de 15 mètres × 3m,80 développés à 0/0 $\frac{1}{10}$ pour plus-value des recouvrements.		62 70	
Chéneau 14 mètres × 0,51.		7 14	
Lambrequin 15 mètres × 0m,40 à 2 faces et à 0/0 $\frac{1}{10}$.		13 20	
Ensemble.		86 18 à 0,70 le m.	60 33
			1573 20

La superficie de la Marquise ci-dessus étant 56 mètres. (Longueur 14 mètres, largeur tout compris 4 mètres.)

Le mètre superficiel reviendrait à. . . . . $\left\{ \frac{1573\ 20}{56} \right.$ = 28 fr. 09 c.

La compagnie de l'Est vient de traiter pour ces marquises à raison de 25 fr. le mètre superficiel.

Ces marquises couvrent le trottoir dans toute sa largeur et s'avancent jusqu'au-dessus des voitures, de façon que les voyageurs y montent ou en descendent à couvert.

NOTE

SUR LE CHAUFFAGE DES GARES ET STATIONS.

Le chauffage d'un bâtiment au moyen d'appareils établis souterrainement est reconnu plus économique que celui obtenu par l'emploi des cheminées et des poêles.

C'est surtout pour élever la température des vestibules, des cages d'escalier, des antichambres, des couloirs et généralement des pièces où l'on ne reste pas longtemps enfermé, que l'usage des calorifères présente des avantages.

Il convient, en conséquence, pour chauffer les rez-de-chaussée des bâtiments dits des *Voyageurs* dans les gares et stations.

Sur les lignes de chemins de fer, d'ailleurs, le mode de chauffage doit, comme tout le reste, être simple et uniforme.

Il doit être uniforme, afin d'obtenir par la répétition multipliée du même travail, le meilleur marché d'établissement et aussi les meilleures conditions d'entretien.

Il doit être simple, afin de déterminer les causes de détérioration, et de permettre d'agir avec promptitude en cas de réparations, et aussi pour rendre faciles la surveillance locale et l'action administrative.

L'uniformité et la simplicité des appareils permettent de mettre en dépôt dans chaque station les pièces qui se détériorent à l'usage, et de pouvoir ainsi opérer leur remplacement sans interruption dans le service.

Afin de satisfaire aux conditions avantageuses de la simplicité, il faut, toutes les fois que cela est possible, n'avoir qu'un seul foyer pour le chauffage d'une gare.

Pour toutes les gares, jusqu'à un volume à chauffer de 2 à 3000 mètres, et un parcours de 12 à 15 mètres de chaque côté de l'appareil, le calorifère à air chaud remplit les conditions, et il est sensiblement plus économique que celui à eau chaude.

Pour un plus grand parcours, la circulation de l'eau chaude est préférable.

Diminuer le nombre des appareils, c'est diminuer le nombre des parties altérables par l'usage, c'est par conséquent diminuer les chances d'interruption de service, l'étendue de la surveillance.

Avec un seul appareil, le chef de station n'a qu'un point à surveiller, le foyer du calorifère; qu'un seul homme à mettre au courant et à employer, le chauffeur.

Lorsque le générateur de la chaleur est placé souterrainement, toutes les pièces peuvent être proprement tenues; on évite les cendres qui se répandent dans les salles, et les dépôts de charbon qu'on ne peut tenir propres, même à la condition d'une surveillance incessante.

L'appareil calorifère unique est en outre le plus économique des modes de chauffage, car avec des appareils multipliés, si on utilise une

partie du rayonnement, on a autant de tuyaux à fumée que d'appareils, et par là, une cause de déperdition de chaleur qui annule et au delà, par la haute température où se perd la fumée, ce qu'on a gagné en utilisant le rayonnement.

De plus, le chauffage est soumis au caprice de chacun, il ne présente rien de régulier.

Avec un seul foyer, le chauffeur allume à l'heure voulue, il brûle la quantité de combustible nécessaire pour maintenir les salles à la température exigée. Le thermomètre indiquant la température, le chauffage marche ponctuellement, administrativement.

Le danger d'incendie inhérent au système de petits appareils multipliés, dont chaque foyer et chaque tuyau à fumée peut être une cause d'accident, n'existe pas, ou au moins se trouve réduit à la plus simple expression possible avec l'appareil unique.

L'appareil unique présente économie dans la dépense du combustible, économie dans la dépense d'entretien.

Nous avons dit que, pour toutes les gares à chauffer, d'un volume de 2 à 3000 mètres, l'air chaud devait être employé, et que, pour les gares d'un volume au-dessus de 3000 mètres, on devait employer l'eau chaude.

Le calorifère à air chaud permet tout aussi bien que l'autre genre d'appareil l'uniformité la plus complète. Chaque type de station peut avoir son type de calorifère, dont toutes les pièces se remplacent facilement.

Il est très-simple, et chaque appareil, quel qu'il soit, se compose toujours des mêmes parties altérables par l'usage, savoir : le foyer, le cendrier, leurs portes, la grille et le tuyau à fumée.

L'appareil à eau chaude doit être employé dans les grands parcours pour retrouver la simplicité du service et de l'entretien. Il joue alors, par rapport au calorifère à air chaud, le rôle que celui-ci joue par rapport aux petits appareils.

Un calorifère à air chaud envoie de la chaleur à 12 ou 15 mètres à droite et à gauche.

Le calorifère à eau chaude peut la porter jusqu'à 60 mètres du foyer.

Dans les grandes gares où les services sont très-actifs et où l'on doit chauffer 15 à 18 heures par jour, les appareils à eau chaude présentent l'avantage de conserver longtemps la chaleur et de permettre une interruption de chauffage assez longue, sans refroidissement sensible, l'eau renfermant une quantité de chaleur telle qu'elle peut suppléer pendant un certain temps au refroidissement extérieur.

S'il est des localités où l'étendue de la gare exigerait plusieurs calorifères à air chaud, et où la nature du terrain ne permet pas l'établissement des caves; là, le choix n'est pas même possible, l'eau chaude seule peut remplir les conditions voulues.

Convaincu des avantages résultant de l'emploi des calorifères à air chaud lorsqu'il s'agit du chauffage de localités dans lesquelles on ne

reste pas constamment enfermé, nous n'hésiterions pas à proposer de chauffer par ce moyen le rez-de-chaussée des bâtiments dits des voyageurs dans les gares et stations, sauf les cas extraordinaires où, comme à Paris, Strasbourg, Metz et Nancy, les grandes distances à franchir par les conduits de chaleur devraient faire donner la préférence aux appareils à eau chaude.

Les vestibules, les couloirs, les salles d'attente, les bureaux, tout le rez-de-chaussée en un mot serait ainsi chauffé par un seul foyer correspondant à un seul tuyau à fumée occupant le point central du bâtiment.

Selon l'i nportance du type, et pour des volumes de :

1500 mètres — 1200 — 900 — 600 — 450

la dépense serait de :

5000 fr. — 4000 — 3000 — 2000 — 1500

La consommation de houille de première qualité pour élever et maintenir chaque jour pendant quinze ou seize heures la température

des salles à + 12° centigrades.
et celle des bureaux à + 16 à 18° id.

serait, suivant l'importance du type,

80 — 70 — 60 — 50 — ou 40 kilogrammes.

Les frais d'entretien n'excéderaient pas moyennement 4 fr. 50 pour 100 du montant des frais d'établissement, c'est-à-dire selon l'importance des types.

225 — 180 — 135 — 90 — 70 francs par année.

FIN DU TOME PREMIER.

Ch. Lahure, imprimeur du Sénat et de la Cour de Cassation
(ancienne maison Crapelet), rue de Vaugirard, 9.

Afin de faciliter les recherches, le 2e volume renfermera une table analytique et une table alphabétique de toutes les matières contenues dans les 2 volumes.

FOR USE IN LIBRARY ONLY
DO NOT REMOVE
FROM LIBRARY